

ANALISIS DAN EVALUASI KAPASITAS PENAMPANG SUNGAI SAMPEAN BONDOWOSO DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM HEC-RAS 4.1

Agung Tejo Kusuma*, Nanang Saiful Rizal*, Taufan Abadi*

*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

ABSTRAK

Kabupaten Bondowoso adalah sebuah kawasan yang banyak dilewati oleh beberapa aliran sungai dengan sungai induknya adalah Sungai Sampean sering mengalami banjir. Banjir yang terjadi pada kawasan ini disebabkan oleh karena limpasan dari bagian hulu kemudian kapasitas penampang sungai tidak mampu menampung sehingga air sungai meluap dan menggenangi daerah disekitarnya. Maka perlu dilakukan sebuah analisa kapasitas penampang sungai mulai dari bagian hulu sampai dengan hilir Sungai Sampean dengan menggunakan program bantu HEC-RAS 4.1. tujuan dari penelitian ini mengetahui debit banjir puncak yang terjadi di Sungai Sampean Bondowoso, mengevaluasi kapasitas penampang Sungai Sampean dengan program bantu HEC-RAS Versi 4.1, engetahui alternatif penanggulangan banjir yang terjadi di sepanjang Sungai Sampean. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan beberapa hal : Debit puncak banjir Sungai Sampean di dapat dari hasil perhitungan sebesar 356.587 m³/s dengan periode ulang 5 tahun. Dari hasil analisa kapasitas penampang Sungai Sampean menggunakan HEC-RAS, didapat beberapa titik yang mengalami banjir. Banjir terparah terjadi pada River Sta.41 dengan tinggi 4.45 meter.

Kata Kunci : Penampang sungai, banjir, HEC RAS

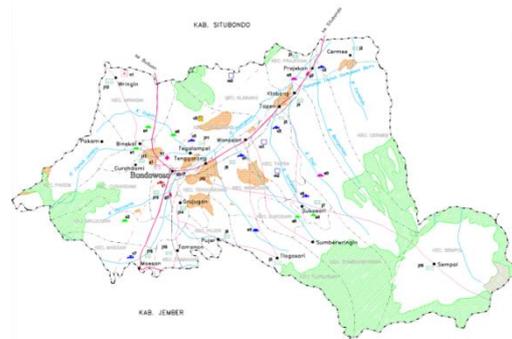
1. PENDAHULUAN

Banjir merupakan sebuah bencana alam yang mempunyai dampak besar bagi kelangsungan hidup manusia. Bencana ini selalu datang pada saat musim penghujan. Bencana banjir sering terjadi di dataran rendah atau di daerah yang berada di sekitar sungai, Banjir terjadi karena beberapa faktor, yaitu faktor manusia dan faktor alam. Dari faktor manusia, banjir terjadi karena penebangan hutan secara besar besaran, perubahan daerah resapan menjadi daerah pemukiman, perawatan sitem drainase yang kurang baik dan seringnya masyarakat membuang sampah di sungai bukan pada tempatnya. Sedangkan faktor dari alam disebabkan oleh bentuk sebuah daerah aliran sungai, intensitas curah hujan yang tinggi dan sedimentasi di sepanjang aliran sungai.

Kabupaten Bondowoso adalah sebuah kawasan yang banyak dilewati oleh beberapa aliran sungai dengan sungai induknya adalah Sungai Sampean. Daerah rawan banjir mencakup 33,33% dari luas wilayah Kabupaten Bondowoso, khususnya kawasan-kawasan yang berada di sepanjang aliran Sungai Sampean. Sungai ini berada pada koordinat 8°03'20.62" S 113°44'43.41 E sampai dengan koordinat 7°46'41.70" S 113°59'29.39 E. Banjir yang terjadi pada kawasan ini disebabkan oleh karena limpasan dari bagian hulu kemudian kapasitas

penampang sungai tidak mampu menampung sehingga air sungai meluap dan menggenangi daerah disekitarnya. Banjir di kawasan ini juga diakibatkan oleh adanya aliran air yang cukup kencang yang berasal dari dataran tinggi yang tidak mampu di tampung oleh sungai di bagian hilir.

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan diatas, maka perlu dilakukan sebuah analisa kapasitas penampang sungai mulai dari bagian hulu sampai dengan hilir Sungai Sampean dengan menggunakan program bantu HEC-RAS 4.1. Dengan menggunakan program bantu tersebut, akan menampilkan profil muka air sungai sampean. Adapun Peta Lokasi Sungai Sampean disajikan pada gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Sungai Sampean Di Kabupaten Bondowoso

Rumusan Masalah

Beberapa permasalahan yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

- Berapakah debit banjir puncak yang terjadi di Sungai Sampean Bondowoso?
- Bagaimana kapasitas penampang Sungai Sampean akibat aliran debit banjir ?
- Alternatif apa saja yang harus dilakukan untuk menanggulangi permasalahan banjir di Sungai Sampean ?

Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah :

- Mengetahui debit banjir puncak yang terjadi di Sungai Sampean Bondowoso.
- Mengevaluasi kapasitas penampang Sungai Sampean dengan program bantu *HEC-RAS* Versi 4.1
- Mengetahui alternatif penanggulangan banjir yang terjadi di sepanjang Sungai Sampean.

Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah :

- Tinjauan penampang Sungai Sampean dilakukan sepanjang 67 Km,
- Analisis hidrolika penampang Sungai Sampean dilakukan dengan menggunakan program aplikasi *HEC-RAS* dengan jarak pengamatan dari titik 56 – titik 0.
- Tidak memperhitungkan faktor sedimentasi atau pendangkalan sungai, serta tidak melakukan penyelidikan tanah.

2. TINJAUAN PUSTAKA

HEC – RAS merupakan sebuah program aplikasi untuk memodelkan aliran sungai yang dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center (HEC)*. *HEC* merupakan satu divisi di dalam *Institute For Water Resource (IWR)* dibawah *US Army Corps of Engineers (USACE)*. *HEC – RAS* mampu menampilkan perhitungan penampang muka air satu dimensi untuk aliran dalam saluran alami atau buatan. *HEC – RAS* juga mampu memperhitungkan penampang muka air aliran subkritis dan superkritis. Sistem ini mengandung 3 komponen analisis hidrolis satu dimensi, yaitu perhitungan penampang muka air aliran tetap (*steady flow*), aliran tidak tetap (*unsteady flow*) dan perhitungan transportasi sedimen.

Untuk perhitungan debit banjir puncak dilakukan dengan analisis hidrologi. Data-data yang dibutuhkan diantaranya : data topografi, data letak stasiun hujan, data tinggi curah hujan, serta data tata guna lahan. Data-data tersebut diolah untuk mengetahui intensitas curah hujan dan debit banjir rencana sebagai dasar acuan untuk analisis hidrolika. Untuk menghitung curah hujan rata-rata daerah maksimum dalam penelitian ini menggunakan *metode polygon thiessen*. Alasan menggunakan metode ini adalah metode ini sangat cocok untuk DAS dengan luas lebih dari 500 Km².

Analisis frekuensi bertujuan untuk mengetahui distribusi apa yang dipakai untuk analisis hidrologi. Dalam analisis ini, nilai-nilai parameter statistic seperti : standart deviasi (S_d), Koefisien kemiringan (C_s) dan Koefisien kurtosis (C_k) dibandingkan dengan persyaratan penggunaan distribusi. Setelah diketahui distribusi yang digunakan untuk analisa hidrologi, maka dilakukan uji kecocokan dengan 2 uji, yaitu: uji *smirnov kolmogorov* dan uji *chi kuadrat*. Setelah kedua uji tersebut cocok maka distribusi yang terpilih akan digunakan sebagai acuan untuk dilakukan perhitungan curah hujan kala ulang.

Untuk menentukan debit banjir rencana yang akan dimasukkan kedalam program *HEC-RAS*, digunakan metode HSS Nakayasu. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu ini digunakan untuk mengetahui debit banjir puncak yang terjadi pada jam keberapa dengan menggunakan periode ulang tertentu.

Analisa hidrolika merupakan lanjutan dari analisa hidrologi. Hasil perhitungan debit banjir rencana digunakan sebagai input dalam menentukan dimensi sungai. Dalam analisa hidrolika dilakukan evaluasi sungai *eksisting* terhadap debit rencana yang sudah dihitung dalam analisa hidrologi. Analisis kapasitas penampang Sungai Sampean di modelkan dengan menggunakan program *HEC-RAS*. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui kondisi *eksisting* dari Sungai Sampean dan dapat mengetahui profil dari muka air. Kelebihan dari program ini adalah penggunaannya praktis karena tidak memerlukan data hidrolika 3D dan tingkat akurasi dengan kesesuaian di lapangan cukup baik.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Daerah penelitian ini berada di Kabupaten Bondowoso dengan luas DAS sebesar 856.4 Km² dan panjang Sungai ± 67 Km. Pada penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian deskriptif kuantitatif. Dalam penelitian ini mengangkat permasalahan yang terjadi pada saat ini kemudian dilakukan analisis statistik untuk mengetahui hasil dari analisis penelitian ini.

Pengumpulan Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder terdiri atas :

1. Data curah hujan selama 11 tahun yaitu dari tahun 2005 sampai tahun 2015 dari Dinas Pengairan Bondowoso.
2. Peta Topografi Kota Bondowoso.
3. Data hasil pengukuran *Long Cross* Sungai Sampean yang di dapat dari UPT. PSDA Bondowoso.
4. Angka *Manning* yang disesuaikan dengan kondisi Sungai Sampean.

Input Data HEC-RAS

Data-data yang harus dimasukkan kedalam program *HEC-RAS* yaitu :

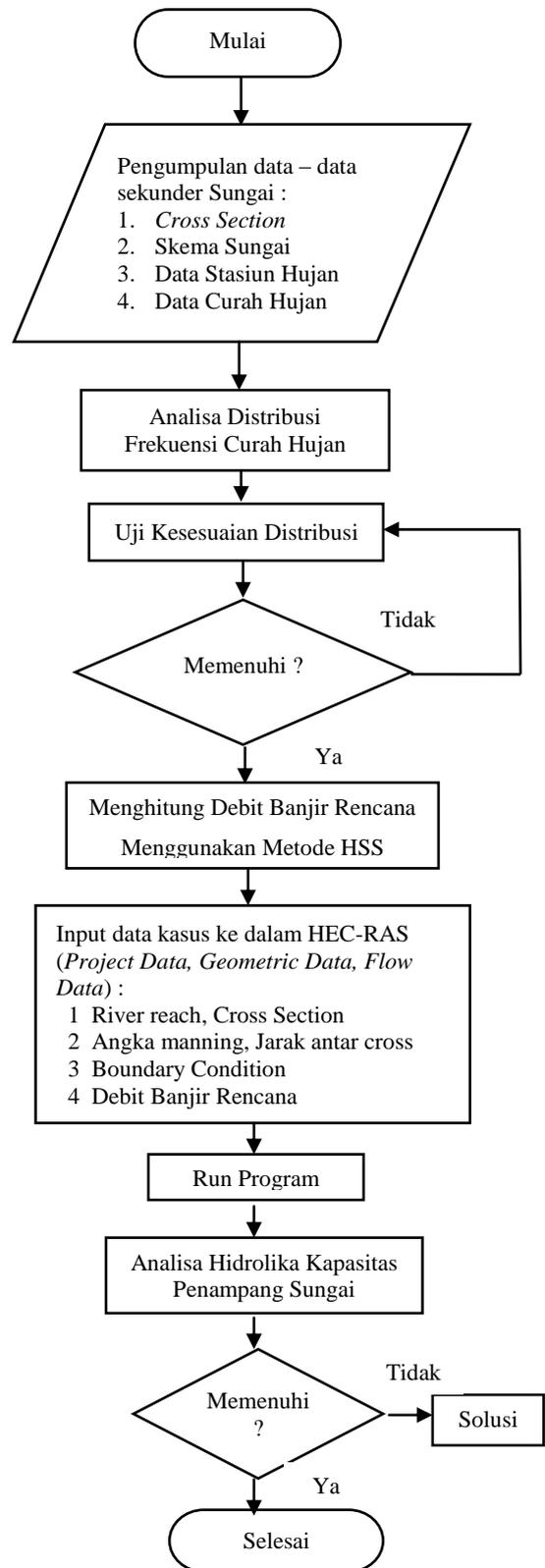
1. Skema Sungai Sampean Bondowoso.
2. Data *Long Cross Section* Sungai Sampean.
3. Angka *Manning* / Kekasaran
4. Debit banjir rencana dengan periode ulang 5 tahun.

Setelah menginputkan data tersebut, dilakukan *Running Program*. Sehingga diketahui bentuk penampang dari Sungai Sampean.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

a). Analisa Hidrologi

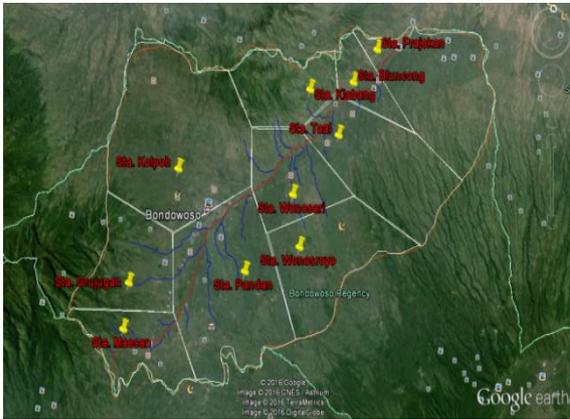
Data curah hujan yang digunakan dalam analisa terhadap alternatif penanganan banjir adalah data curah hujan yang maksimum. Hal ini bertujuan agar analisa dapat mendekati kondisi yang sebenarnya yang ada di lapangan. Data curah hujan tersebut didapat dari stasiun-stasiun penakar hujan yang terdapat disekitar DAS Sampean. Data curah hujan yang akan digunakan untuk menganalisis, diambil dari 10 stasiun penakar hujan. Stasiun tersebut dapat dilihat pada tabel 1.



Tabel 1. Stasiun Hujan di DAS Sampean

No.	Nama Stasiun Penakar Hujan
1	Bluncong
2	Maesan
3	Prajejan
4	Grujugan
5	Klabang
6	Wonosroyo
7	Wonosari
8	Kolpoh
9	Pandan
10	Taal

Untuk menghitung hujan maksimum rata-rata pertahun dari 10 stasiun, menggunakan metode Polygon Thiessen. Untuk mencari luas area, dilakukan menggunakan program aplikasi Google Earth. Setelah dilakukan pengujian dan perhitungan data curah hujan menggunakan metode polygon thiessen, maka diperoleh rekapitulasi curah hujan rerata daerah harian maksimum per tahun dari 10 stasiun hujan. Rekapitulasi curah hujan dapat dilihat pada tabel 2.



Gambar 2. Polygon Thiessen DAS Sampean Menggunakan Aplikasi Google Earth

Tabel 2. Rekapitulasi Curah Hujan Tahun 2005-2015

Tahun	X	X - Xrata-rata	(X - Xrata-rata) ²	(X - Xrata-rata) ³	(X - Xrata-rata) ⁴
2005	43.247	-1.763	3.110	-5.484	9.671
2006	49.117	4.106	16.863	69.246	284.353
2008	61.902	16.891	285.322	4819.518	81408.821
2009	36.880	-8.130	66.102	-537.430	4369.470

2010	40.289	-4.721	22.292	-105.249	496.928
2011	36.681	-8.329	69.377	-577.858	4813.134
2012	37.793	-7.217	52.091	-375.959	2713.440
2013	52.944	7.933	62.936	499.290	3960.993
2014	40.290	-4.720	22.283	-105.184	496.517
2015	64.602	19.591	383.817	7519.442	147315.171
Jumlah	495.118	0.000	1170.244	8662.565	280483.873
Rata Rata	45.011				

b). Analisis Frekuensi

Dalam Pemilihan Jenis Distribusi, dilakukan dari hasil analisis parameter statistik yang dapat dianalisis dengan persyaratan sebagai berikut :

Tabel 3. Analisa Frekuensi

Mean	45.011
Standard Deviasi (Sd)	10.82
Koefisien Kemencengan (Cs)	0.835
Koefisien Kurtosis (Ck)	3.44

Tabel 4. Kriteria Pemilihan Distribusi

No	Jenis Distribusi	Syarat	Keterangan
1	Distribusi Normal	Cs = 0, Ck = 3	Tidak Memenuhi
2	Distribusi Log Normal	Cs = 3 Cv, Cv = 0,6	Tidak Memenuhi
3	Distribusi Gumbel	Cs < 1,1396, Ck < 5.4002	Memenuhi
4	Distribusi Log Pearson III	Cs < 0	Tidak Memenuhi

Dari tabel 4, maka distribusi yang dipilih adalah Distribusi Gumbel. Karena syarat yang terpenuhi adalah Cs < 1.1396 (Cs = 0.835) dan Ck < 5.4002 (Ck = 3.44).

c). Menghitung Hujan Rencana Dengan Kala Ulang 5 Tahun

$Y_t = 1.4999$ (dari Tabel *Reduce Variated Yt*)

$Y_n = 0.4996$ (dari Tabel *Reduce Mean Yn*)

$S_n = 0.9676$ (Lihat Tabel *Reduce Standard Deviation Sn*)

$$S = \left(\frac{\sum (X_t - X)^2}{n-1} \right)^{0.5} \quad (1)$$

$$= \left(\frac{1170.244}{11-1} \right)^{0.5}$$

= 10.81

$$K = \left(\frac{Y_t - Y_n}{s_n} \right) \quad (2)$$

$$= \left(\frac{1.4999 - 0.4996}{0.9676} \right)$$

$$= 1.034$$

$$X_{T(5 \text{ Tahun})} = X + K \times \bar{S} \quad (3)$$

$$= 45.011 + 1.034 \times 10.81$$

$$= 56.194 \text{ mm}$$

Dengan menghitung hujan rencana menggunakan metode Distribusi Gumbel di dapat hujan rencana dengan periode ulang 5 tahun sebesar 56.194 mm. Setelah menghitung hujan rencana, langkah selanjutnya adalah melakukan *Uji Chi-Square*. *Uji Chi-Square* digunakan untuk membandingkan data observasi dengan data yang diharapkan untuk menguji hipotesis. Berikut adalah perhitungan *Uji Square* untuk Distribusi Gumbel :

Uji Chi Square

Langkah-langkah untuk melakukan *Uji Square* yaitu :

1. Mencari nilai terbesar dan terkecil.

$$X_{\max} : 64.6$$

$$X_{\min} : 31.37$$

2. Mencari nilai rentang (r)

$$r = X_{\max} - X_{\min}$$

$$= 64.6 - 31.37$$

$$= 33.23$$

3. Mencari jumlah kelas (K)

$$K = 1 + 3.32 \text{ Log } n$$

$$= 1 + 3.32 \text{ Log } 11$$

$$= 4.45 \text{ ----- } > \text{ Diambil nilai } 5 \text{ kelas.}$$

4. Mencari derajat kebebasan (dk)

$$Dk = K - R - 1$$

$$= 5 - 1 - 1$$

$$= 3$$

(Nilai R=1 untuk distribusi poisson dan gumbel dan Nilai R=2 untuk distribusi normal dan binomial). Untuk Dk = 3, signifikan (α) = 5 %, maka dari tabel uji *Chi-Square* didapat harga $X^2 = 7,815$.

5. Mencari panjang kelas interval (i)

$$I = r / K$$

$$= 37.86 / 5$$

$$= 7.57 \text{ ----- } > (7)$$

6. Mencari nilai Ef

$$E_f = n / K$$

$$= 11 / 5$$

$$= 2.2$$

7. Membuat tabel distribusi frekuensi

Tabel 5. Tabel Distribusi Frekuensi

No	Batas Kelas	O _f	E _f	(O _f - E _f) ²	$\frac{(O_f - E_f)^2}{E_f}$
1	< 26.25	1	2.2	1.44	0.65
2	26.25 - 33.25	1	2.2	1.44	0.65
3	33.25 - 40.25	1	2.2	1.44	0.65
4	40.25 - 47.25	4	2.2	3.24	1.47
5	47.25 >	4	2.2	3.24	1.47
Jumlah					4.89

Dari hasil hitungan di atas, di dapat nilai X^2 hitung sebesar 4.89. Sedangkan nilai X^2 pada tabel uji *Chi - Square* sebesar 7.815. Karena nilai X^2 hitung kurang dari X^2 pada tabel, maka dari pengujian kecocokan penyebaran Distribusi Gumbel dapat diterima. Setelah perhitungan Distribusi Gumbel dapat diterima, selanjutnya adalah menghitung debit banjir rencana dengan kala ulang 5 tahun. Sebelum menghitung debit banjir rencana, penulis perlu menghitung curah hujan efektif dalam periode ulang.

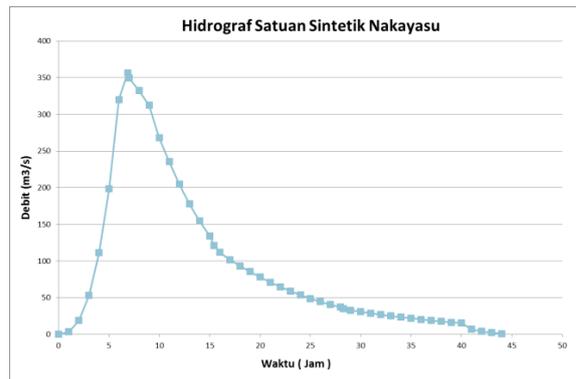
d). Perhitungan Debit Hujan Rencana

Hydrograf HSS Nakayasu digunakan sebagai input data debit yang akan dianalisis pada program *HEC-RAS*. Curah hujan efektif terjadi pada waktu antara 1-5 jam, oleh karena itu curah hujan rencana dikalikan dengan koefisien pengaliran sehingga menjadi curah hujan efektif. Hasil perhitungan distribusi tinggi hujan efektif periode ulang 5 tahun dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Distribusi Tinggi Hujan Efektif Kala Ulang 5 Tahun

PERIODE ULANG 5 TAHUN				
Jam Ke -	Koefisien Rt	C	X _{t5} Rt	56.194 Re
1	0.585	0.47	32.86	15.49
2	0.151		8.50	4.00
3	0.107		6.01	2.83
4	0.085		4.78	2.25
5	0.072		4.05	1.91

Pada perhitungan Hidrograf HSS Nakayasu, distribusi hujan yang akan dipakai dalam perhitungan adalah distribusi hujan pada periode ulang 5 tahun. Adapun hasil perhitungan hidrograf banjir disajikan pada tabel 7. Dari rekapitulasi debit banjir HSS Nakayasu yang disajikan pada gambar 3 dapat dilihat bahwa hujan debit puncak terjadi pada jam ke-7 dengan debit sebesar 356.587 m³/s. Kemudian mulai menurun pada jam ke-8 dan seterusnya.



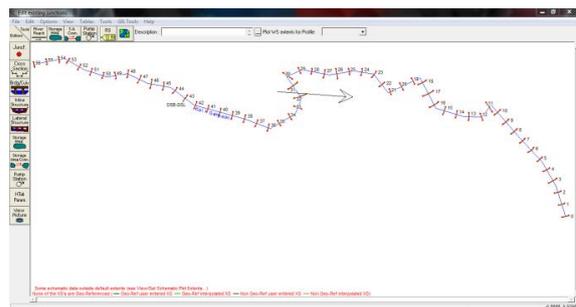
Gambar 3. Hidrograf HSS Nakayasu

Tabel 7. Perhitungan HSS Nakayasu Kala Ulang 5 Tahun

Waktu T (Jam)	Q (m ³ /s)	R1	R2	R3	R4	R5	Q Banjir (m ³ /s)
		15.49	4.00	2.83	2.25	1.91	
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.22	3.413	-	-	-	-	3.413
2	1.16	17.999	0.881	-	-	-	18.881
3	3.08	47.663	4.648	0.624	-	-	52.934
4	6.14	95.078	12.308	3.288	0.496	-	111.170
5	10.49	162.413	24.552	8.708	2.615	0.421	198.708
6	16.24	251.573	41.940	17.371	6.923	2.219	320.026
6.86	22.38	201.447	64.964	20.970	13.811	3.415	356.587
7	21.94	197.436	89.532	32.482	23.591	6.445	349.879
8	19.06	171.558	87.749	63.344	26.798	11.009	332.507
9	16.56	149.076	57.186	33.564	36.932	17.053	312.327
10	14.39	129.510	49.692	29.165	36.197	23.502	268.066
11	12.50	112.500	43.170	25.343	31.452	23.034	235.499
12	10.86	97.740	37.500	22.017	27.331	20.015	204.602
13	9.45	85.050	32.580	19.125	23.744	17.392	177.891
14	8.20	73.800	28.350	16.616	20.625	15.110	154.500
15	7.13	64.170	24.600	14.459	17.919	13.125	134.273
15.43	6.71	60.390	21.390	12.546	15.593	11.403	121.322
16	6.36	57.285	20.130	10.909	13.530	9.923	111.776
17	5.80	52.200	19.095	10.266	11.765	8.610	101.936
18	5.28	47.520	17.400	9.738	11.072	7.487	93.216
19	4.81	43.290	15.840	8.874	10.502	7.046	85.552
20	4.37	39.330	14.430	8.078	9.570	6.683	78.092
21	3.98	35.820	13.110	7.359	8.712	6.090	71.091
22	3.63	32.670	11.940	6.686	7.937	5.544	64.777
23	3.30	29.700	10.890	6.089	7.211	5.051	58.940
24	3.00	27.000	9.900	5.554	6.567	4.589	53.609
25	2.74	24.660	9.000	5.049	5.990	4.179	48.878
26	2.49	22.410	8.220	4.590	5.445	3.812	44.477
27	2.27	20.430	7.470	4.192	4.950	3.465	40.507
28	2.10	18.900	6.810	3.810	4.521	3.150	37.191
28.29	2.01	18.090	6.300	3.473	4.109	2.877	34.849
29	1.92	17.244	6.030	3.213	3.746	2.615	32.847
30	1.79	16.110	5.748	3.075	3.465	2.384	30.782
31	1.66	14.940	5.370	2.931	3.317	2.205	28.763
32	1.55	13.950	4.980	2.739	3.161	2.111	26.941
33	1.45	13.050	4.650	2.540	2.954	2.012	25.205
34	1.35	12.150	4.350	2.372	2.739	1.880	23.490
35	1.26	11.340	4.050	2.219	2.558	1.743	21.909
36	1.17	10.530	3.780	2.066	2.393	1.628	20.396
37	1.09	9.810	3.510	1.928	2.228	1.523	18.998
38	1.01	9.090	3.270	1.790	2.079	1.418	17.647
39	0.94	8.460	3.030	1.668	1.931	1.323	16.411
40	0.88	7.920	2.820	1.545	1.799	1.229	15.312
41			2.640	1.438	1.667	1.145	6.889
42				1.346	1.551	1.061	3.958
43					1.452	0.987	2.439
44						0.924	0.924
							0.000

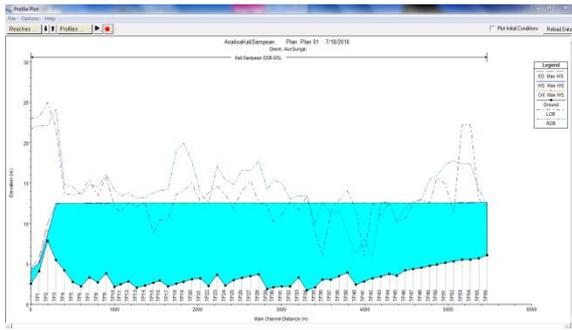
d). Analisa Hidrolika

Analisa hidrolika pada penelitian ini menggunakan program *HEC-RAS* Versi 4.1. pada program *HEC-RAS* ini menggambarkan permodelan atau skema aliran Sungai Sampean.



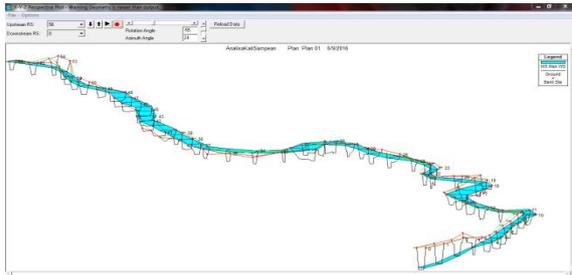
Gambar 4. Skema Alur Aliran Sungai Sampean

Setelah semua data yang dibutuhkan di inputkan ke dalam program *HEC-RAS*, maka dilakukan *Running Program* yang akan menampilkan profil muka air dari Sungai Sampean. Dari hasil *Running Program*, di dapat hasil bahwa ada beberapa titik yang mengalami genangan atau banjir. Titik titik tersebut yaitu River Sta. 56, 55, 46, 45, 41, 40, 38, 37, 35, 33, 25, 17, 16, dan 15. Limpasan air tersebut bisa dikarenakan kurang tingginya tanggul (tinggi jagaan) atau tanah yang menumpuk akibat arus air yang biasa disebut sedimentasi. Berikut ini adalah hasil dari analisa kondisi Sungai Sampean menggunakan program *HEC-RAS*.

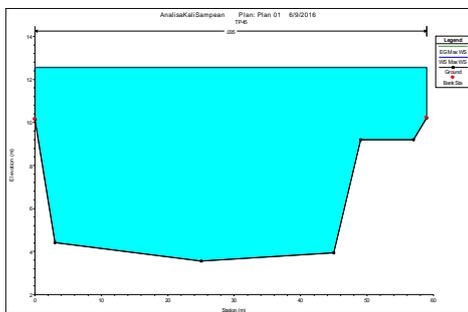


Gambar 5. Profil Muka Air Sungai Sampean (Eksisting).

Dari gambar 5, terlihat elevasi muka air Sungai Sampean hampir seluruh *stationing* mengalami genangan banjir. Itu berarti Sungai Sampean sudah tidak dapat menahan beban air pada debit banjir rencana dan harus dilakukan perubahan alur sungai dengan melakukan penanggulangan. Hasil running program aplikasi HEC-RAS berupa tabel disajikan pada Tabel 8.



Gambar 6. Tampilan 3D Situasi Sungai Sampean Dengan Kalan Ulang 5 Tahun.



Gambar 7. Profil Melintang Penampang River Sta. 45 (Eksisting)

Tabel 8. Tabel Hasil Perhitungan Hidrolika Menggunakan HEC-RAS.

River Sta	Q Total (m ³ /S)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude Chnl
56	77.56	6.10	12.58	12.59	0.000043	0.48	164.91	48.00	0.07
55	77.5	5.70	12.57	12.58	0.000031	0.42	183.39	38.92	0.06
54	77.45	5.51	12.56	12.58	0.000057	0.57	136.70	23.67	0.08
53	77.41	5.51	12.56	12.57	0.000058	0.57	136.32	23.60	0.08
52	77.36	5.28	12.56	12.57	0.000028	0.44	184.14	36.33	0.06
51	77.3	5.12	12.56	12.57	0.000029	0.42	184.69	34.70	0.06
50	77.24	4.93	12.56	12.56	0.000019	0.36	212.81	36.97	0.05
49	77.19	4.74	12.56	12.56	0.000009	0.26	291.91	42.09	0.03
48	77.11	4.55	12.56	12.56	0.000004	0.20	394.89	55.69	0.02
47	77.02	4.38	12.56	12.56	0.000003	0.16	477.46	60.95	0.02
46	76.92	4.19	12.56	12.56	0.000002	0.14	553.73	73.00	0.02
45	76.82	3.55	12.56	12.56	0.000003	0.18	437.28	59.00	0.02
44	76.73	3.73	12.56	12.56	0.000003	0.18	421.31	58.86	0.02
43	76.64	3.41	12.56	12.56	0.000002	0.16	478.78	67.23	0.02
42	76.54	3.20	12.56	12.56	0.000003	0.20	403.28	54.92	0.02
41	76.46	2.82	12.56	12.56	0.000002	0.17	462.01	51.00	0.02
40	76.38	2.41	12.56	12.56	0.000003	0.17	454.95	59.00	0.02
39	76.3	3.93	12.55	12.56	0.000018	0.36	225.90	44.87	0.05
38	76.23	3.50	12.55	12.56	0.000006	0.24	322.09	48.85	0.03
37	76.15	3.03	12.55	12.56	0.000010	0.27	290.15	54.00	0.03
36	76.08	3.06	12.55	12.56	0.000004	0.22	367.61	51.69	0.02
35	76.02	2.10	12.55	12.55	0.000004	0.23	355.84	47.00	0.02
34	75.96	1.72	12.55	12.55	0.000005	0.21	356.55	47.48	0.02
33	75.89	3.31	12.55	12.55	0.000005	0.22	348.58	51.83	0.02
32	75.78	2.21	12.55	12.55	0.000001	0.11	709.01	91.31	0.01
31	75.65	2.20	12.55	12.55	0.000001	0.11	668.42	80.22	0.01
30	75.53	2.10	12.55	12.55	0.000001	0.11	684.81	84.41	0.01
29	75.45	1.90	12.55	12.55	0.000006	0.22	340.79	44.85	0.03
28	75.39	3.71	12.55	12.55	0.000016	0.32	232.19	37.70	0.04
27	75.33	3.50	12.54	12.55	0.000023	0.34	219.62	45.92	0.05
26	75.25	3.25	12.55	12.55	0.000010	0.24	312.99	60.80	0.03
25	75.18	3.01	12.54	12.55	0.000022	0.38	199.77	35.84	0.05
24	75.13	2.31	12.54	12.54	0.000026	0.39	190.58	29.62	0.05
23	75.09	3.62	12.53	12.54	0.000038	0.47	159.91	25.02	0.06
22	75.05	2.29	12.52	12.54	0.000061	0.52	145.69	28.63	0.07
21	74.99	3.22	12.53	12.53	0.000022	0.35	213.21	34.26	0.05
20	74.93	3.11	12.52	12.53	0.000022	0.33	226.83	48.60	0.05
19	74.87	2.78	12.52	12.53	0.000023	0.37	201.81	34.98	0.05
18	74.81	2.55	12.52	12.53	0.000013	0.26	290.63	63.29	0.04
17	74.71	2.21	12.52	12.53	0.000004	0.16	470.50	81.45	0.02
16	74.59	2.92	12.52	12.52	0.000003	0.16	465.26	78.28	0.02
15	74.52	2.65	12.52	12.52	0.000006	0.23	327.29	44.97	0.03
14	74.46	2.33	12.52	12.52	0.000008	0.23	323.92	37.68	0.03
13	74.41	2.04	12.52	12.52	0.000010	0.27	274.47	39.73	0.03
12	74.35	2.81	12.52	12.52	0.000009	0.27	276.11	43.75	0.03
11	74.27	2.50	12.52	12.52	0.000001	0.12	610.32	84.28	0.01
10	74.2	2.13	12.52	12.52	0.000016	0.31	241.83	45.41	0.04
9	74.15	3.82	12.51	12.52	0.000027	0.43	174.15	25.69	0.05
8	74.11	2.73	12.51	12.52	0.000022	0.39	188.63	25.60	0.05
7	74.07	3.33	12.51	12.51	0.000024	0.39	187.92	26.91	0.05
6	74.03	2.22	12.51	12.51	0.000007	0.25	297.02	33.99	0.03
5	73.98	2.74	12.51	12.51	0.000009	0.27	278.48	37.65	0.03
4	73.93	4.22	12.50	12.51	0.000022	0.36	202.60	35.86	0.05
3	73.89	5.49	12.44	12.51	0.000341	1.10	67.16	11.31	0.14
2	73.88	7.83	8.64	10.01	0.062612	5.20	14.21	22.39	2.08
1	73.88	4.10	5.10	5.79	0.023798	3.68	20.07	25.51	1.32
0	73.86	2.55	4.24	4.44	0.003004	1.96	37.77	25.00	0.51

Pada gambar 7 adalah profil melintang penampang muka air pada River Sta. 45. Dari gambar tersebut, terlihat jelas air melimpas pada bagian tebing kanan dan dan tebing kiri. Dengan tinggi air permukaan setinggi 12.56 meter. Itu berarti tebing kiri mengalami banjir genangan setinggi $12.56 \text{ m} - 10.15 \text{ m} = 2.41$ meter dan tebing kanan $12.56 \text{ m} - 10.22 \text{ m} = 2.34$ meter.

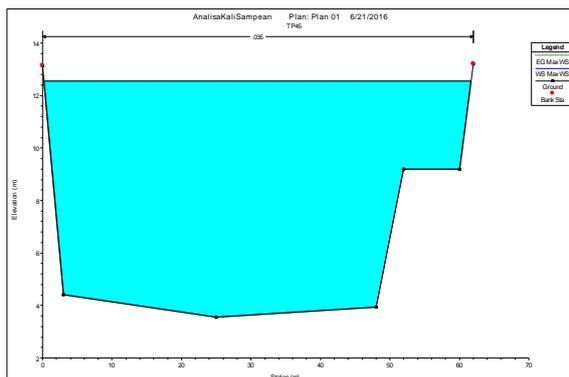
e). Rencana Penanggulangan

Dengan kondisi air yang melimpas, perlu adanya penanggulangan. Tahapan dan prioritas pelaksanaan fisik konstruksi disusun berdasarkan pertimbangan kondisi lapangan, manfaat, dan biaya. Dengan pertimbangan

tersebut prioritas pelaksanaan fisik konstruksi disusun sebagai berikut :

1. Jangka Pendek / Darurat, yaitu tahapan yang harus segera dilakukan atau dikerjakan adalah normalisasi sungai. Normalisasi sungai adalah sebuah upaya yang dilakukan untuk memperbaiki penampang sungai, yaitu dengan cara melebarkan sungai dan memperdalam sungai dengan cara mengeruk agar kapasitas sungai bertambah sehingga dapat menampung debit banjir. Karena apabila langkah ini tidak segera dilakukan, dikhawatirkan akan terjadi luapan yang lebih besar lagi.
2. Jangka menengah, tahap ini dilakukan dengan cara peninggian tebing atau pemberian tanggul pada tebing kanan maupun tebing kiri.
3. Apabila ada perubahan tata guna lahan, sebaiknya para pengembang membangun suatu tanggungan air dan menahannya pada saat alur muka air di sungai sedang tinggi.

Pada gambar 8 adalah kondisi hasil normalisasi Sungai Sampean pada *River Sta.* 45 menggunakan program aplikasi *HEC-RAS* 4.1. Penanggulangan dilakukan dengan mengeruk tanah sedalam 3 meter. Setelah dilakukan normalisasi, *River Sta.* 45 sudah tidak mengalami banjir lagi.



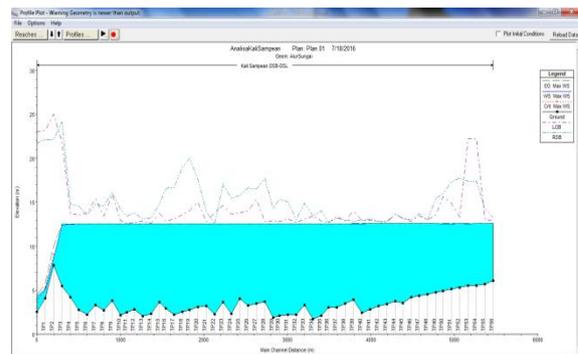
Gambar 8. Profil Melintang Penampang *River Sta.* 45 (*Normalisasi*)

Adapun hasil rekapitulasi normalisasi di sepanjang Sungai Sampean disajikan pada tabel 9.

Tabel 9. Rekapitulasi Hasil Normalisasi Sungai Sampean.

River Sta.	Kondisi Eksisting			Kondisi Rencana			Keterangan
	Dimension Channel			Dimension Channel			
	Ground (b) (m)	Top (a) (m)	Height (h) (m)	Ground (b) (m)	Top (a) (m)	Height (h) (m)	
56	16	34	5.75	16	34	7.1	Pe
52	19	28	7.4	19	28	8.62	Pe
46	66	73	5.6	66.5	73	8.1	Pe
45	42	49	5.74	42	49	8.74	Pe
41	40	51	4.91	40	51	9.91	Pe
40	31	59	3.79	31	59	8.53	MT
38	32	38	8	32	38	9.5	Pe
37	17	45	8.17	17	45	10.17	Pe
35	28	32	7.92	29	32	11.92	Pe
33	28	42	8.21	28	42	9.71	Pe
25	13	31	7.82	13	31	9.82	Pe
17	16	82	8.39	16	82	10.89	Pe
16	12	70	7.48	12	70	9.98	Pe
15	18	42	7.1	18	42	8.1	Pe

Sedangkan perbandingan profil muka air kondisi *eksisting* dengan kondisi *Normalisasi* dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Profil Muka Air Sungai Sampean (*Normalisasi*)

5. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan dalam kajian ini, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Debit puncak banjir Sungai Sampean di dapat dari hasil perhitungan sebesar $356.587 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan periode ulang 5 tahun.
2. Dari hasil analisa kapasitas penampang Sungai Sampean menggunakan *HEC-RAS*, didapat beberapa titik yang mengalami banjir. Banjir terparah terjadi pada *River Sta.* 41 dengan tinggi 4.45 meter.
3. Alternatif solusi penanganan banjir yang dapat dilakukan adalah melakukan normalisasi penampang sungai dengan cara mengeruk sedimentasi yang ada di Sungai Sampean.

Saran

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan diatas, ada beberapa saran terkait dengan penelitian ini. Adapun saran yang dapat diberikan antara lain:

1. Perlu Memperhitungkan aspek sedimentasi yang terdapat di dalam Sungai Sampean Bondowoso dan melakukan pengecekan kondisi tanah di sekitar Sungai Sampean.
2. Perlu dilakukan pemeliharaan Sungai secara rutin agar sungai menjadi tampak lebih bersih dan Sungai dapat berfungsi secara optimal.
3. Pada penggunaan program *HEC-RAS* untuk analisa sungai, sebaiknya tersedia data – data yang lengkap untuk input yaitu data geometri seperti *cross section*, skema alur sungai, kondisi alur sungai dan data lainnya seperti debit, *hidrograf*, pasang surut air laut dan lain-lain supaya didapat model dan hasil perhitungan yang akurat sesuai keadaan di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Istiarto, 2014. *Simulasi Aliran 1 Dimensi dengan HEC RAS*. Yogyakarta.
2. Rizal, N. S. 2011. *Kajian Model Hidrograf Banjir Rencana Pada Daerah Aliran Sungai (DAS)*. Studi Kasus Daerah Aliran Sungai (DAS) Bedadung Kabupaten Jember.
3. Rizal, NS. 2014. *Aplikasi Perencanaan Irigasi dan Bangunan Air*. Jember
4. Soemarto, CD. 1995. *Hidrologi Teknik*. Jakarta : Erlangga.
5. Chow, Ven Te. 1992. *Hidrolika Saluran Terbuka*. Surabaya : Erlangga.
6. Standar Perencanaan Irigasi, SNI KP – 02, 2010.
7. Triatmodjo, B. 1993. *Hidraulika II*. Malang
8. Sri Harto Br. 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta.
9. Rizal, NS. 2014. *Teknik Penanggulangan Banjir Perkotaan*. Jember