

PERENCANAAN SALURAN PENANGGULANGAN BANJIR MUARA SUNGAI TILAMUTA

Rike Rismawati Mangende

Sukarno, Alex Binilang

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi

Email : rikem82@gmail.com

ABSTRAK

DAS Tilamuta terletak di kabupaten Boalemo dengan luas DAS 110,74 Km² dan panjang sungai Tilamuta 17,55 km. Di muara sungai Tilamuta terdapat dua desa yaitu Pentadu Barat dan Pentadu Timur. Jika muara sungai Tilamuta meluap dapat menggenangi kawasan pemukiman warga dan kantor-kantor pemerintahan kabupaten Boalemo. Untuk mengurangi resiko kerusakan akibat banjir maka dibutuhkan pengendalian banjir untuk mengatasi masalah banjir di muara sungai Tilamuta.

Pengukuran parameter-parameter DAS Tilamuta menggunakan peta rupa bumi dengan skala 1:50000. Untuk menghitung debit banjir DAS Tilamuta digunakan data curah hujan dari BMKG Jalaludin, Gorontalo dengan pencatatan Tahun 2002 s/d 2014. Analisis debit banjir muara sungai Tilamuta dilakukan dengan tujuh metode yaitu: HSS Snyder, HSS Nakayasu, HSS Gama 1, Melchior, Haspers, Australian Rainfall & Runoff – Rational Method Developments, dan metode Rasional dari Jepang. Setelah dilakukan kalibrasi pada curah hujan Tahun 2011, kemudian dianalisis dengan berbagai metode didapat kondisi DAS Tilamuta yang paling mendekati debit banjir lapangan saat terjadi banjir sebesar 363,417 m³/det yaitu debit banjir HSS Snyder sebesar 363,459 m³/det.

Perencanaan banjir kanal menggunakan debit banjir rencana HSS Snyder periode ulang 100 tahun sebesar 932,565 m³/det. Banjir kanal mempunyai lebar dasar = 30 m, koefisien kekasaran strikler (k) = 45, kemiringan dasar saluran (s) = 0,002.

Kata kunci : Muara sungai Tilamuta, HSS Snyder, Banjir kanal

PENDAHULUAN

Banjir merupakan permasalahan yang sering dihadapi oleh manusia. Penyebab banjir sangat bermacam-macam seperti perubahan fungsi lahan, elevasi kontur, dan dimensi saluran yang tidak mampu menampung debit yang ada.

Banyak cara yang dapat dilakukan untuk mengendalikan banjir seperti normalisasi alur sungai, sudetan, banjir kanal, dan interkoneksi antar sungai.

Muara sungai Tilamuta adalah hilir dari sungai Tilamuta. Di sekitar muara sungai Tilamuta terdapat pemukiman penduduk, tempat ibadah, sekolah, pelabuhan dan pasar. Meluapnya muara sungai Tilamuta disebabkan karena dimensi muara sungai yang tidak mampu menampung debit banjir.

Berdasarkan uraian di atas untuk mengatasi masalah banjir di muara sungai Tilamuta diperlukan pengendali banjir, yang sesuai dengan kondisi sekitar muara sungai Tilamuta.

LANDASAN TEORI

Banjir

Banjir adalah suatu kondisi dimana tidak tertampungnya air dalam saluran atau terhambatnya aliran air di dalam saluran (Suripin, 2003).

Banyak cara yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah banjir salah satu adalah dengan pembuatan banjir kanal. Banjir kanal akan menurunkan muka air di sebelah hulu sehingga di bagian hilir akan terjadi kenaikan, dalam perencanaan pembuatan sudetan perlu

diperhatikan juga letak dari ujung banjir kanal tersebut sehingga warga yang bermukim disekitar hilir sungai tidak mengalami banjir atau genangan air.

Curah Hujan

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendali banjir adalah curah hujan rata-rata seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah/daerah dan dinyatakan dalam mm. Data curah hujan yang digunakan dalam analisis hidrologi diambil dari stasiun lokal terdekat dengan jumlah pengamatan minimal 10 tahun.

Debit Banjir

Ada beberapa metode untuk memperkirakan laju aliran puncak (debit banjir). Metode yang pada suatu lokasi lebih banyak ditentukan oleh ketersediaan data. Secara umum metode yang dipakai adalah metode rasional dan metode hidrograf banjir

Penampang Ekonosis

Penampang hidrologis saluran adalah bentuk dan sifat dari suatu wadah untuk mengalirkan air dengan kapasitas tertentu. Penampang hidrologis ada bermacam-macam: segi empat, trapesium, segitiga dan setengah lingkaran. Penampang yang paling sering digunakan di Indonesia adalah trapesium dan persegi

Perencanaan Saluran

Untuk perencanaan saluran baru hal yang perlu diperhatikan adalah letak saluran baru erat kaitannya dengan keadaan topografi disamping itu tidak melupakan nilai-nilai ekonomis serta manfaat yang akan diperoleh nantinya.

$$V = k \cdot R^{2/3} S^{0.5}$$

$$Q = v \cdot A$$

METODOLOGI PENELITIAN

Prosedur Penelitian

1. Pengambilan data curah hujan harian maksimum
2. Pengumpulan data sekunder
3. Melakukan wawancara masyarakat yang bermukim disekitar muara sungai mengenai banjir yang sering terjadi.

Menganalisis Data

Menganalisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan 2 tahap yaitu analisis data hidrologi dan analisis data hidrolika.

1. Analisis data hidrolika
 - Menentukan parameter statistic
 - Uji data outlier
 - Pemilihan tipe distribusi curah hujan.
 - Uji kecocokan antara distribusi data terhadap distribusi teoritis dengan metode smirnov-kolmogrov
 - Perhitungan debit rencana dengan menggunakan metode HSS Snyder, HSS Nakayasu, HSS Gama 1, Metode Melchior, Metode Haspers, Metode Rasional, dan Metode Rasional dari Jepang
2. Analisis data hidrologi
 - Menghitung kapasitas saluran eksisting
 - Kontrol kapasitas saluran eksisting dengan debit rencana
 - Merencanakan dimensi banjir kanal yang mampu menampung debit banjir maksimum

Hipotesis Penelitian

1. Sungai eksisting tidak mampu menampung debit banjir maksimum
2. Diperlukan saluran yang mampu menampung dan mengalirkan debit banjir maksimum

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisis Data Hidrologi

Data curah hujan

Data curah hujan yang diperoleh merupakan data curah hujan harian maksimum yang berasal dari BMKG, Jalaludin, Gorontalo dengan jumlah data pengamatan 13 tahun (2002-2014).

Tabel 1. Hujan Harian Maksimum

No	Tahun	Curah hujan maksimum harian
1	2002	226
2	2003	195
3	2004	113
4	2005	108
5	2006	82
6	2007	68
7	2008	80
8	2009	54
9	2010	67
10	2011	156
11	2012	79
12	2013	57
13	2014	131

Menentukan parameter statistik

Parameter data yang digunakan untuk menentukan jenis sebaran yang tepat dapat dibagi menjadi yaitu: pengukuran *central tendency* (mean) atau rata-rata hitung, simpangan baku atau (standar deviasi), kemencengen (koefisien skewness), koefisien varian, dan koefisien keruncingan (koefisien kurtosis)

Uji Data Outlier

Uji data outlier ini dilakukan untuk data outlier tinggi dan data outlier rendah dengan syarat-syarat pengujian berdasarkan koefisien skewness ($C_{s_{\log}}$). Dari hasil perhitungan diperoleh $C_{s_{\log}} = 0,520 > 0,4$ $S_{\log} = 0,200$ dan K_n untuk 13 tahun = 2,175

$$\text{Log } X_h = \overline{\text{Log } X} + (S_{\log} \times K_n) = 2,42$$

$$X_h = 267,766 \text{ mm} > X_{\max}$$

$$\text{Log } X_l = \overline{\text{Log } X} - (S_{\log} \times K_n) = 1,557$$

$$X_l = 36,077 \text{ mm} < X_{\min}$$

Dari tabel hujan harian maksimum diketahui $X_{\min} = 54$ dan $X_{\max} = 226$
Maka tidak ada data outlier

Pemilihan Tipe Distribusi Curah Hujan

Pemilihan tipe distribusi curah hujan dilakukan untuk menetapkan besar hujan yang mungkin terjadi pada kala ulang tertentu.

Uji Kecocokan Smirnov-Kolmogorov

Tabel 3. Perhitungan peluang terhadap data pengamatan

m	R (mm)	P = m/(n+1) (%)	T = 1/P (tahun)
1	54	7.143	14.00
2	57	14.286	7.00
3	67	21.429	4.67
4	68	28.571	3.50
5	79	35.714	2.80
6	80	42.857	2.33
7	82	50.000	2.00
8	108	57.143	1.75
9	113	64.286	1.56
10	131	71.429	1.40
11	156	78.571	1.27
12	195	85.714	1.17
13	226	92.857	1.08

Untuk penggambaran fungsi sebaran teoritik:
 $\text{Log } X_T = 1,9925 + (K_T \cdot 0,200)$

Dengan menggunakan skala kertas probabilitas, dihitung selisih dari setiap titik sebaran data terhadap garis yang menghubungkan titik-titik sebaran teoritis.

Diperoleh Δ_{\max} untuk distribusi normal adalah sebagai berikut:

$$\Delta_{\max} = \left| \frac{50-39}{100} \right| = 0,11$$

Dari kertas probabilitas distribusi Log Pearson III. didapat penyimpangan terjauh $D_{\max} = 0,11 \leq D_o = 0,382$ memenuhi.

Tabel 2. Tipe distribusi curah hujan

No	Tipe Distribusi	Syarat Parameter Statistik		Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
1	Normal	$C_s = 0$	0	1.129	Tidak Memenuhi
		$C_k \approx 3$	3	3.996	
2	Log Normal	$C_s \approx C_v^3 + 3C_v$	0.30232	0.520	Tidak Memenuhi
		$C_k \approx C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$	3.16293	2.884	
3	Gumbel	$C_s \approx 1,139$	1.139	1.129	Tidak Memenuhi
		$C_k \approx 5,4$	5.4	3.996	
4	Log Pearson III	selain dari nilai diatas		0.520	

Debit Banjir Lapangan

Dari hasil wawancara dengan masyarakat sekitar muara sungai Tilamuta terjadi banjir pada Tahun 2011 setinggi ± 4 m. Maka didapat debit banjir pada Tahun 2011 sebesar $363,417 \text{ m}^3/\text{detik}$

Debit Banjir Rencana

Metode HSS Snyder

Dalam analisis ini untuk mendapatkan debit maksimum (Q_{max}) maka diasumsikan satuan tipe curah hujan (h) = 1 mm dan lama curah hujan (t_r') = 1 jam dan menentukan nilai $C_t = 2,0213$ dan $C_p = 1$. Berdasarkan perhitungan secara teoritis didapat waktu puncak debit banjir (T_p) = 9,881 jam, dan debit puncak HSS Snyder (Q_p) = $3,0832 \text{ m}^3/\text{det}$.

Tabel 4. Perhitungan Debit Maksimum HSS

Periode	Snyder
	m^3/det
tahun 2011	363.459
2	179.699
5	321.992
10	440.062
25	614.508
50	764.390
100	932.565

Metode HSS Nakayasu

Analisis metode Nakayasu untuk Perhitungan kemungkinan banjir dilakukan dengan membuat *flood pattern* dan besarnya Q_{max} dihitung dengan menentukan $T_p = 2,27$ jam, $T_{0,3} = 2,836$ jam dan $Q_p = 8,744 \text{ m}^3/\text{det}$

Tabel 5. Perhitungan Debit Maksimum HSS Nakayasu

Periode	Nakayasu
	m^3/det
tahun 2011	924.875
2	475.771
5	826.486
10	1106.633
25	1520.550
50	1876.180
100	2275.216

Metode HSS Gama 1

Dalam analisis ini untuk mendapatkan debit maksimum (Q_{max}), maka perlu diketahui parameter-parameter DAS yang didapat dari peta topografi. Dari perhitungan teoritis didapat waktu naik (T_p) = 2,097 jam, Debit puncak (Q_p) = $11,763 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan waktu dasar (TB) = 11,455 jam.

Tabel 6. Perhitungan debit Maksimum HSS Gama1

Periode	Gama 1
	m^3/det
tahun 2011	1163.809
2	630.904
5	1047.061
10	1379.484
25	1870.636
50	2292.625
100	2766.120

Metode Melchior

Perhitungan debit banjir Maksimum metode Melchior perlu diketahui Luas elips (F) = $91,92 \text{ km}^2$, koefisien pengairan (α) = 0,52, koefisien reduksi (β) = 0,92 dan (I) = 5,973. Hasil perhitungan debit banjir maksimum dapat dilihat pada tabel

Tabel 7. Perhitungan Debit Maksimum HSS Melchior

Periode	Melchior
	m^3/det
tahun 2011	268.283
2	162.445
5	245.096
10	311.117
25	408.663
50	492.473
100	586.512

Metode Haspers

Perhitungan debit banjir Maksimum metode Melchior perlu koefisien pengairan (α) = 0,438, koefisien reduksi (β) = 0,1,26waktu konsentrasi (t_c) = 2,547 jam dan besar curah hujan harian ditentukan dari lamanya hujan. Hasil perhitungan debit banjir maksimum dapat dilihat pada tabel.

Tabel 8. Perhitungan Debit Maksimum Metode Haspers

Periode	Haspers m^3/det
tahun 2011	525.985
2	318.482
5	480.525
10	609.964
25	801.208
50	965.522
100	1149.891

Metode Rasional

Analisis metode rasional menggunakan cara Australian Rainfall & Runoff – Rational Method Developments, yaitu dengan membagi luas daerah berdasarkan tata guna lahan untuk mendapatkan nilai koefisien limpasan (C)

Tabel 9. Nilai koefisien limpasan berdasarkan tata guna lahan.

No	Tata Gunungan Lahan	A (km^2)	C	A . C
1	Lahan Kering Sekunder	45.75	0.3	13.73
2	Pertanian	3.87	0.7	2.57
3	Pertanian Lahan kering	0.16	0.4	0.10
4	Pertanian Lahan kering campur semak	41.10	0.5	20.55
5	Semak Belukar	19.96	0.6	11.96
	Total	110.74		48.92

Tabel 10. Perhitungan Debit maksimum Metode rasional

Periode	Rasional m^3/det
tahun 2011	409.897
2	248.191
5	374.471
10	475.341
25	624.377
50	752.426
100	896.103

Metode Rasional dari Jepang

Analisis metode rasional ini tidak memiliki batas luas DAS sehingga dapat digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 11. Debit maksimum Metode rasional dari Jepang

Periode	Jepang m^3/det
tahun 2011	6477.009
2	3921.813
5	5917.221
10	7511.134
25	9866.134
50	11889.506
100	14159.839

Perhitungan Sungai Eksisting

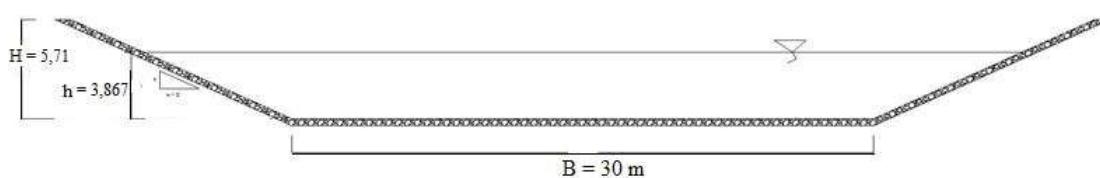
Sungai eksisting Tilamuta memiliki tinggi talud = 3,213 m, lebar dasar = 13,73 m sehingga tidak mampu menampung Q_{max} 100 tahun = $932,565 m^3/det$

Perencanaan Kanal Banjir

Analisis perencanaan banjir kanal yang digunakan adalah saluran dengan bentuk trapezium dengan kemiringan dinding $m = 1:2$, koefisien Strickler $k = 45$, lebar dasar saluran rencana $B = 30$ m, dan perencanaan debit yang digunakan adalah Q_{max} 100 tahun = $932,565 m^3/det$, kemiringan rencana = 0.002.

PEMBAHASAN

Analisis data curah hujan yang ada dilakukan perhitungan menggunakan parameter statistic untuk penentuan jenis distribusi yang sesuai. Namun dari hasil perhitungan parameter statistik data curah hujan tidak sesuai untuk distribusi Normal, Gumbel, Log Normal.



Gambar banjir kanal

Hasil Pengujian menunjukkan bahwa tipe distribusi Log Pearson III memenuhi syarat untuk uji kecocokan metode Smirnov Kolmogorov karena nilai D_n lebih kecil dari nilai D kritis ($0,11 < 0,382$).

Dengan Demikian, Curah hujan rencana dengan berbagai periode ulang digunakan dari hasil analisis tipe distribusi Log Pearson III dengan curah hujan rencana periode ulang 2 tahun sebesar 94,458 mm, periode ulang 5 tahun sebesar 142,517 mm, periode ulang 10 tahun sebesar 180,907 mm, periode ulang 25 tahun sebesar 237,628 mm, periode ulang 50 tahun sebesar 286,361 mm dan periode ulang 100 sebesar 341,042 mm.

Perhitungan debit banjir lapangan dengan menggunakan data tinggi muka air banjir pada tahun 2011 dan ukuran penampang sungai. Debit banjir sungai pada tahun 2011 hasil analisis sebesar 363,417 m^3/detik . Hasil dari perhitungan debit banjir tahun 2011 HSS Snyder paling sesuai dengan untuk DAS Tilamuta karena dilakukan kalibrasi dengan hujan yang terjadi pada tahun 2011 hasilnya mendekati sama dengan kondisi DAS Tilamuta sebesar 363,459 m^3/detik .

Perhitungan debit rencana untuk banjir kanal digunakan debit maksimum pada Metode HSS Snyder, karena dari koefisien karakteristik DAS yang sesuai dengan DAS Tilamuta adalah Koefisien dari Metode HSS Snyder

KESIMPULAN

1. Debit banjir muara sungai Tilamuta pada tanggal 28 juni 2011 sebesar 363,417 m^3/det . Perhitungan debit banjir lapangan dengan menggunakan beberapa metode HSS Snyder 363,459 m^3/det , HSS Nakayasu 924,875 m^3/det , HSS Gama 1 1163,809 m^3/det , metode Melchior 268,283 m^3/det , metode Haspers 525,9846 m^3/det , metode rasional dari Jepang 6477,009 m^3/det , metode Rasional Australian Rainfall & Runoff – Rational Method Developments 409,897 m^3/det . Hasil yang mendekati keadaan dilapangan adalah HSS Snyder sebesar 363,459 m^3/det .
2. Dengan menggunakan metode HSS Snyder diperoleh debit banjir rencana untuk berbagai periode ulang sebagai berikut: periode ulang 2 tahun = 179,699 m^3/det , periode ulang 5 tahun = 321,992 m^3/det , periode ulang 10 tahun = 440,062 m^3/det , periode ulang 25 tahun = 614,508 m^3/det , periode ulang 50 tahun = 764,390 m^3/det , periode ulang 100 tahun = 932,565 m^3/det ,
3. Analisis kapasitas banjir kanal Tilamuta dengan debit sebesar 932,565 m^3/det maka perencanaan banjir kanal menggunakan data-data teknis lebar dasar (B) = 30 m, m = 2, koefisien kekasaran Strikler (k) = 45, kemiringan dasar saluran s = 0,002, tinggi muka air h = 3,867 m, kecepatan v = 6,358 m/det

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, Chay, 1995, *Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Bambang Triadmodjo, 2003, *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta
- Bambang Triadmodjo, 2003, *Soal-Soal Penyelesaian Hidraulika II*, Beta Offset, Yogyakarta
- Chow Ven Te, Maidment, David R, Mays, Larry W, 1989, *Applied Hydrology*, McCraw-Hill Singapore

Directorat Jenderal Pengairan Direktorat Sungai Departemen Pekerjaan Umum, 1992, *Cara Menghitung Design Flood*, Chandy Buana Kharisma

Ersin Seyhan, 1977, *Dasar-Dasar Hidrologi*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta

Kamiana, I Made, 2011, *Teknik Perhitungan Debit Banjir Rencana Bangunan Air*, Graha Ilmu, Yogyakarta

Kriteria Perencanaan Irigasi, 1986, Bagian Penunjang Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta

Rancangan Standar Nasional Indonesia 3, 2015, *Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana*, Badan Standardisasi Naional

Sosrodarsono, Suryono, 2003, *Hidrologi Untuk Pengairan*, Permas, Jakarta

Sri Harto, 2000, *Analisis Hidrologi*, Nofiri Offset, Yogyakarta

Suripin, 2003, *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*, Andi, Yogyakarta

Wilson, E M , 1993. *Hidrologi Sungai*, Erlangga, Jakarta

_____. Badan Meteorologi dan Geofisika, Jalaludin, Gorontalo.

