

PREDIKSI DEBIT PUNCAK BANJIR DAERAH ALIRAN SUNGAI PADOLO DENGAN METODE SCS (SOIL CONSERVATION SERVICE)

Gilang Id'fi
Himawan Dwi Nugroho

Abstrak: Pada tahun 2016 di DAS Padolo Kota Bima telah terjadi banjir yang menggenangi 13 desa di 5 kecamatan. Penelitian ini bertujuan memprediksi berapa besar debit puncak banjir di DAS Padolo. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan dan sumber informasi terhadap solusi yang akan diambil dalam penanganan banjir. Prediksi debit puncak banjir menggunakan program HEC-HMS model SCS. Model hidrograf satuan sintesis SCS merupakan unit hidrograf berdimensi, dimana dapat mencapai puncak tunggal unit hidrograf. Metode SCS (SOIL CONSERVATION SERVICE) dihitung dengan kala ulang tahun 2, 10, 25, 50, dan 100 tahunan. Data hujan yang digunakan bersumber dari 2 stasiun hujan yaitu stasiun hujan Rasanae Timur dan Salahuddin. Hasil komputasi HEC-HMS model SCS untuk debit puncak banjir masing masing kala ulang 2 tahun sebesar 119,4 m³/s, 10 tahun sebesar 191 m³/s, 25 tahun sebesar 226,1 m³/s, 50 tahun sebesar 249,8 m³/s, dan 100 tahun sebesar 277,3 m³/s.

Kata-kata kunci: banjir, DAS Padolo, metode SCS.

Abstract: In 2016, at Padolo watershed in Bima flood had happened inundated 13 vilages in 5 sub-districts. This study aims to predict how big the peak of the rate of flood is in the Padolo watershed. This study is expected to be an input and information source towards a solutions to take in handling floods. The peak of the rate of flood prediction used HEC-HMS program of SCS model. SCS sintesis of hydrograph unit model is a dimensioned hydrograph unit, that can be able to reach its single peak. SCS (SOIL CONSERVATION SERVICE) method is calculated in year of 2,10,25,50, and 100 period. Data of rainfall used is adapted from 2 rain stations that are Rasanae Timur and Salahuddin. The computational results of HEC-HMS SCS model for each peak of the rate of flood is 2 years return period is 119,4 m³/s, 10 years return period is 191 m³/s, 25 years return period is 226,1 m³/s, 50 years return period is 249,8 m³/s, and 100 years return period is 277,3 m³/s.

Keywords: flood, Padolo watershed, SCS method.

PENDAHULUAN

Bencana banjir yang terjadi di DAS Padolo Kota Bima merupakan banjir bandang dahsyat yang melanda Kota Bima. Bencana banjir tersebut megakibatkan 13 desa di 5 kecamatan tenggelam. Bencana banjir menimbulkan kerusakan dan kerugian infrastruktur, persawahan dan perumahan warga.

Penanganan banjir harus segera dilakukan mengingat DAS Padolo yang melewati pemukiman warga. Solusi yang efektif dan efisien perlu dipikirkan matang matang agar penanganan banjir dapat digunakan dalam jangka panjang.

Prediksi debit puncak banjir diharpkan dapat memberikan sumber informasi dalam upaya menemukan solusi yang efektif dan efisien.

METODE

Analisa Curah Hujan Rata Rata Wilayah

Curah hujan wilayah yaitu banyaknya air menguap yang jatuh di permukaan tanah datar sepanjang periode tertentu. Data curah hujan diukur menggunakan alat penakar hujan di suatu titik saja (*point rainfall*) dalam satuan mm. Analisis data hujan bertujuan mendapatkan besaran curah hujan untuk penyusunan perencanaan pengendalian banjir hingga pemanfaatan air (Sosrodarsono & Takeda, 1977). Dalam perhitungan curah hujan rata-rata wilayah daerah aliran sungai (DAS) ada tiga cara yaitu cara pertama rata-rata aritmatik aljabar, kedua Polygon Thiessen, dan ketiga Isohyet (Suripin, 2004). Pada cara aritmatik aljabar perhitungannya langsung dengan merata rata stasiun penakar hujan dalam waktu bersamaan. Rumus aritmatik aljabar adalah sebagai berikut ini

$$\bar{R} = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n)$$

dimana :

\bar{R} = Curah hujan daerah rata rata (mm)

R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan di tiap titik pos Curah hujan

n = Jumlah pos curah hujan

Perhitungan Parameter Statistik Data Hidrologi

Cahyono (2011) mengatakan bahwa sistem hidrologi adalah suatu fenomena yang tidak dapat ditentukan. Banyak hal diluar perkiraan yang bisa saja terjadi. Maka dari itu diperlukan analisa frekuensi yang bertujuan untuk menghitung besarnya peristiwa ekstrim yang terjadi. Perhitungan parameter statistik data meliputi perhitungan nilai rata-rata, standar deviasi dan varian, skewness (kemencengan), dan koefisien kurtosis.

Menurut Soewarno (1995) nilai rata-rata

adalah sebuah nilai yang diambil karena dianggap dapat mewakili dari beberapa nilai yang mungkin didapatkan dari data-data. Berikut ini adalah cara menentukan nilai rata-rata

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

dimana,

\bar{X} = nilai rata-rata

X_i = nilai pengukuran dari suatu variatif

n = jumlah data

Menurut Soewarno (1995) berikut adalah cara menentukan standart deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$v = (S)^2$

dimana,

S = Standart Deviasi

n = Jumlah data

\bar{X} = Nilai rata-rata

X = Nilai varian

Menurut Soewarno (1995) skewness (kemencengan) merupakan suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan dari suatu bentuk distribusi. Umumnya ukuran kemencengan dinyatakan dengan besarnya koefisien kemencengan dan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut

$$C_s = \frac{n \sum (X - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3}$$

dimana :

C_s = Koefisien Skewness

S = Standart deviasi

\bar{X} = Nilai rata-rata

X = Nilai varian

n = Banyaknya data

Menurut Soewarno (1995) koefisien Kurtosis digunakan untuk mengukur distribusi variable, yang merupakan puncak distribusi. Biasanya hal ini dibandingkan dengan distribusi normal yang mempunyai koefisien kurtosis

$$Ck = \frac{n \sum (X - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4}$$

dimana,

Ck = Standart Deviasi

\bar{X} = Nilai rata-rata

n = Banyaknya data

Setelah perhitungan parameter statistik data selanjutnya mencocokkan data sesuai syarat syarat pada tabel 1.

Analisa Distribusi Frekuensi

Analisa distribusi frekuensi dimaksudkan untuk mengetahui besaran curah hujan dengan kala ulang tertentu. Metode distribusi frekuensi yang biasanya dipakai diantara lain adalah distribusi log pearson III, distribusi normal, dan distribusi gumbel tipe 1.

Persamaan distribusi log pearson III adalah sebagai berikut

$$P(X) = \frac{1}{(a)\tilde{\Gamma}(b)} \left[\frac{X-C^{b-1}}{A} \right] e^{-\left[\frac{X-C}{A} \right]}$$

dimana:

P(X) = Peluang dari variat X

X = Nilai variat X

a,b,c = Parameter

Γ = Fungsi gamma

Berikut rumus perhitungan variabel acak x melalui periode ulang tertentu,

$$X_t = e^{\mu_y + \hat{E} \sigma_y}$$

dimana,

μ_y = Nilai rata-rata dari logaritma sampel data variabel x (ln x)

σ_y = Nilai simpangan baku dari logaritma sampel data variabel x (ln x)

K = Faktor frekuensi Distribusi Pearson III

Tabel 1. Karakteristik Distribusi Frekuensi

No	Distri-busi	Persyaratan
1	Gumbel	Cs = 1,14 Ck = 5,4
2	Normal	Cs = 0 Ck = 3
3	Log Normal	Cs = Cv3 + 3Cv Ck = Cv8+6Cv6+15Cv4+16Cv2+3
4	Gumbel	Cs = 1,14 Ck = 5,4

Persamaan distribusi normal adalah sebagai berikut

$$P(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

dimana,

P(X) = fungsi densitas peluang normal (or diant kurva normal)

π = 3,14156

e = 2,71828

X = variabel acak kontinyu

μ = rata – rata dari nilai X

σ = deviasi standar dari nilai X

Perhitungan variabel acak x periode ulang tertentu, menggunakan rumus umum sebagai berikut:

$$X = \bar{X} + k.S$$

dimana

X = Perkiraan nilai yang diharapkan ter jadi dengan besar peluang tertentu atau pada periode ulang tertentu

\bar{X} = Nilai rata-rata hitung variat

S = Deviasi standar nilai variasi

k = Faktor frekuensi

Persamaan gumbel tipe I adalah sebagai berikut

$$P = (X \leq x) = e^{(-e)^{-Y}}, -\infty < X < +\infty$$

P(X ≤ x) = Fungsi densitas peluang tipe I Gumbel

X = variabel acak kontinyu

e = 2,71828

Y = faktor reduksi Gumbel

Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Dalam penentuan kecocokan distribusi frekuensi (empiris) dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang (frekuensi teoritis) diperlukan pengujian secara statistik. Terdapat dua cara pengujian yaitu uji Chi Kuadrat dan uji Kolmogorov-Smirnov.

Uji Chi Kuadrat bertujuan mengetahui apakah persamaan distribusi peluang yang di pilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang di analisis. Berikut ini rumus Chi Kuadrat

$$X_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{O_i - E_i}{E_i}$$

dimana,

- X_h^2 = parameter Chi – Kuadrat terhitung
- G = jumlah sub – kelompok
- O_i = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke – i
- E_i = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke – i

Menurut Soewarno (1995), uji kecocokan Smirnov – Kolmogorov, sering juga disebut uji kecocokan non parametric, karena pengujian-nya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Berikut ini rumus Smirnov – Kolmogorov $D = \text{maksimum} [P(X_m) - P'(X_m)]$

CN (Curve Number)

Soemarto (1999) mengemukakan bahwa curve number merupakan perbandingan antara air yang mengalir di permukaan tanah dengan air hujan yang jatuh CN bergantung pada jenis permukaan tanah dan tata guna lahan daerah aliran.

$$CN = \frac{CN1.A1 + CN2.A2 + \dots + CNn.An}{A1 + A2 + \dots + An}$$

dimana,

CN = Koeffisien tata guna lahan

A = Luas lahan

Adapun koefisien dari tata guna lahan dapat dilihat pada tabel 2 dan 3

Metode Hidrograf Satuan Sintetis HEC-HMS (Model SCS)

Metode perhitungan dari Soil Conservation Service (SCS) Curve Number (CN) beranggapan bahwa hujan yang menghasilkan limpasan merupakan fungsi dari hujan kumulatif, tata guna lahan, jenis tanah serta kelembaban. Model perhitungannya adalah sebagai berikut

$$P_e = \frac{(P - I_a)^m}{P - I_a + S}$$

dimana,

- Pe = hujan kumulatif pada waktu ke t
- P = waktu konsentrasi hujan (jam)
- Ia = kehilangan mula-mula (initial loss)
- S = kemampuan menyimpan maksimum

Hubungan antara nilai kemampuan penyimpanan maksimum dengan nilai dari karakteristik DAS yang diwakili oleh nilai CN (Curve Number) adalah sebagai berikut

$$S = \frac{1000 - 10CN}{CN} (\text{English Unit})$$

$$S = \frac{25400 - 254CN}{CN} (\text{Metric Unit})$$

Model hidrograf satuan sintesis SCS merupakan unit hidrograf berdimensi, dimana dapat mencapai puncak tunggal unit hidrograf. Hal ini dapat dilihat pada gambar 1 SCS menyatakan bahwa puncak unit hidrograf dan waktu puncak unit hidrograf terkait oleh,

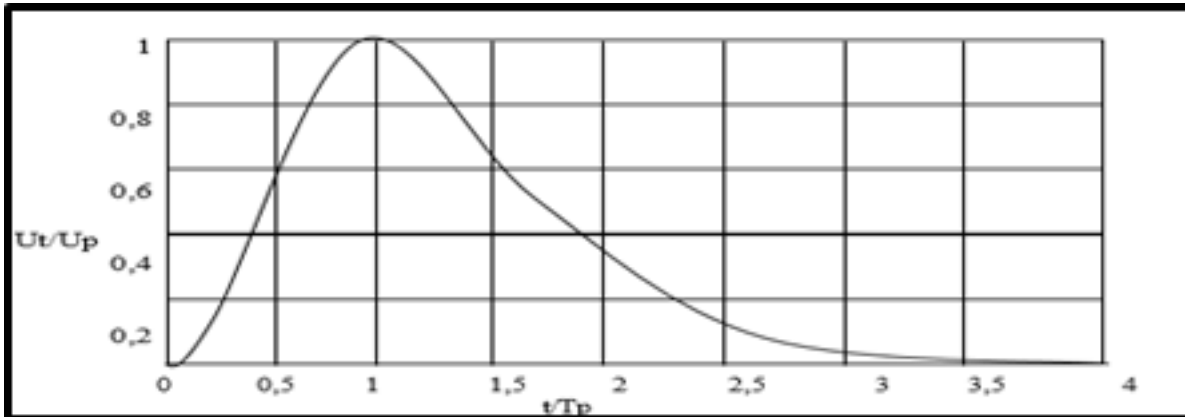
$$U_p = C \frac{A}{T_p}$$

Untuk waktu puncak sebagai berikut

$$T_p = \frac{\Delta t}{2} + Tlag$$

dimana,

- A = daerah aliran
- C = konversi tetap (208 untuk satuan SI dan 484 didalam satuan kaki)
- Δt = jangka waktu kelebihan air
- Tlag = perbedaan waktu antara pusat masa dari kelebihan curah hujan dan puncak dari unit hidrograf



Gambar 1 Unit Hidrograf SCS

HASIL

Perhitungan Curah Hujan Rata Rata Wilayah

Perhitungan curah hujan rata rata wilayah berasal dari 2 stasiun hujan yaitu stasiun hujan Rasanæ Timur dan Salahuddin. Data curah hujan dapat dilihat pada tabel 4

Tabel 4 Data Curah Hujan

Tahun	Tinggi Hujan pada Stasiun Hujan (mm)	
	Salahuddin	Rasanæ Timur
2006	79	79
2007	91	91
2008	99	99
2009	91	91
2010	80	80
2011	63	61
2012	64	64
2013	90	91
2014	75	75
2015	62	71
2016	140	102

Selanjutnya perhitungan ditabelkan seperti pada tabel 5

Tabel 5 Data Curah Hujan Maksimum

Tahun	Hujan Maksimum Harian (mm)
2006	79
2007	91
2008	99
2009	91
2010	80

2011	62	
2012	64	
2013	90,5	
2014	74,6	
2015	66,4	
2016	121,0	
Jumlah ($\sum X$)		918,45
Jumlah Data (n)		11

Perhitungan Parameter Statistik Data

Perhitungan parameter statistik data menghasilkan nilai koefisien kemencengan (Cs) 0,788 nilai koefisien kurtosis (Ck) 4,491, Nilai Koefisien Variasi (Cv) 0,201. Berdasarkan hasil perhitungan parameter statistik data dan kemudian dicokkan dengan tabel 1 didapatkan metode analisis distribusi log pearson tipe III.

Perhitungan Distribusi Frekuensi Metode Log Pearson Tipe III

Perhitungan curah hujan rencana kala ulang periode ulang 2, 10, 25, 50, dan 100 tahunan dapat dilihat pada tabel 6

Uji Distribusi Probabilitas

Jenis pengujian yang dilakukan adalah uji Chi Kuadrat dan uji Smirnov-Kolmogorov.

Uji Chi Kuadrat dapat dilihat pada tabel 7 berdasarkan hasil perhitungan nilai Chi Kuadrat sebesar $1,273 < \text{Chi Kuad-}$

rat kritis sebesar 5,991, maka dapat disimpulkan bahwa distribusi yang digunakan pada per hitungan dapat diterima

Tabel 2. Nilai Curve Number

No.	Tutupan Lahan	Kelompok Tanah			
		A	B	C	D
1	Hutan	25	55	70	77
2	Padang rumput	36	60	73	78
3	Kawasan industri dan parkir-parkiran kedap air	90	93	94	94
4	Kawasan perumahan	60	74	83	87
5	Lahan Terbuka	72	82	88	90
6	Lahan pertanian tertutup tanaman	52	68	79	84
7	Lahan pertanian	64	75	83	87
8	Tubuh perairan	98	98	98	98

Tabel 3. Klasifikasi Tanah

Kelompok	Keterangan
A	Potensi pengaliran rendah, laju infiltrasi dan tingkat drainase tinggi. Terutama untuk tanah pasir dan kerikil
B	Laju infiltrasi sedang. Untuk tanah berbutir sedang
C	Laju infiltrasi lambat. Untuk tanah berbutir sedang sampai halus
D	Potensi pengaliran tinggi. Laju infiltrasi sangat lambat. Untuk tanah liat dengan daya kembang tinggi dan tanah dengan muka air tanah permanen tinggi

Tabel 6. Parameter Log Pearson Tipe III

Periode Ulang	SLogX	Log X	KT	Zt	R (mm)
2	0,088	1,913	-0,055	1,909	81,012
10	0,088	1,913	1,311	2,029	106,952
25	0,088	1,913	1,866	2,075	118,774
50	0,088	1,913	2,174	2,105	127,458
100	0,088	1,913	2,492	2,134	135,992

Tabel 7. Perhitungan Uji Chi Kuadrat

No	Nilai Batasan Sub Grup	Ei	Oi	Oi-Ei	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
1	Rt < 1,840	2,2	3	0,8	0,291
2	1,840 < Rt < 1,891	2,2	1	-1,2	0,655
3	1,891 < Rt < 1,935	2,2	2	-0,2	0,018
4	1,935 < Rt < 1,987	2,2	3	0,8	0,291
5	Rt > 1,987	2,2	2	-0,2	0,018
Jumlah (Σ)		11	11	0	1,273

Tabel 8. Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorov

No	Curah Hujan (mm)	Curah Hujan kecil ke besar	K	Pe (%)	Pt (%)	Pe-Pt (%)
1	79	121	1,918	0,083	0,03	0,054
2	91	99	0,931	0,167	0,179	-0,013
3	99	91	0,517	0,250	0,301	-0,051
4	91	91	0,517	0,333	0,301	0,032
5	80	90,5	0,490	0,417	0,311	0,106
6	62	80	-0,116	0,500	0,546	-0,046
7	64	79	-0,178	0,583	0,570	0,013
8	90,5	74,6	-0,460	0,667	0,677	-0,010
9	74,6	66,35	-1,036	0,750	0,845	-0,095
10	66,4	64	-1,213	0,833	0,886	-0,052
11	121,0	62	-1,370	0,917	0,914	0,003
						Max 0,106 %

Perhitungan CN (Curve Number)

Perhitungan CN menggunakan peta tata guna lahan Pemerintah Kota Bima Provinsi Nusa Tenggara Barat seperti pada gambar 2 dan perhitungan CN ditabelkan pada tabel 10. Setelah mengetahui nilai CN langkah selanjutnya adalah menghitung prosentase impervious atau prosentase permukaan kedap air yang sering disebut PIMP dalam perhitungan didapatkan hasil sebesar 7,468 %

Perhitungan Time Lag

Time lag merupakan jeda waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan limpasan dari satu titik ke titik lainnya berdasarkan jarak yang sudah ditentukan. Perhitungan time lag membutuhkan data panjang overland flow, kemiringan lahan, retensi maksimum, dan curve number. Time lag yang dibutuhkan dalam perencanaan ini yaitu time lag daerah aliran Sungai Padolo dan time lag Sungai Padolo. Pada perencanaan ini time lag pada daerah aliran Sungai Padolo sebesar 732 menit dan time lag Sungai Padolo sebesar 1940 menit.

Permodelan HEC-HMS Model SCS

Permodelan HEC-HMS model SCS dapat dilihat pada gambar 3. Setelah memasukkan data data yang dibutuhkan maka didapatkan hasil untuk masing masing kala ulang 2 tahunan sebesar 119,4 m³/s, 10 tahunan sebesar 191 m³/s, 25 tahun sebesar 226,1 m³/s, 50 tahunan sebesar 249,8 m³/s, dan 100 tahunan sebesar 277,3 m³/s. Untuk hasil model SCS tiap tiap kala ulang dapat dilihat di grafik kumulasi pada gambar 4

SIMPULAN

Dari perhitungan prediksi debit puncak banjir DAS Padolo menggunakan metode SCS didapatkan masing masing nilai dari curah hujan rata rata DAS Padolo sebesar 83,495 mm, metode distribusi yang sesuai adalah Log Pearson Tipe III, setelah perhitungan didapatkan nilai dari curah hujan rencana masing masing kala ulang 2 tahunan sebesar 81,012 mm, 10 tahunan sebesar 106,952 mm, 25 tahunan sebesar 118,774 mm, 50 tahunan sebesar 127,458 mm, dan 100 tahunan sebesar 135,992 mm.

Hasil komputasi pada program HEC-HMS model SCS didapatkan untuk masing masing kala ulang 2 tahunan sebesar 119,4 m³/s, 10 tahunan sebesar 191 m³/s, 25 tahun sebesar 226,1 m³/s, 50 tahunan sebesar 249,8 m³/s, dan 100 tahunan sebesar 277,3 m³/s.

DAFTAR RUJUKAN

- Belasan Desa di Bima Banjir Ratusan Orang Mengungsi (online), (<https://regional.kompas.com>) diakses pada tanggal 20 Mei 2018
- Budiawan, S, S. 2012. Pendugaan Debit Puncak Menggunakan Model Rasional Dan SCS-CN (Soil Conservation Service Curve Number). Departemen Manajemen Hutan Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. Jakarta
- Chow, Ven Te. 1959. Open Channel Hydraulics. New York: McGraw-Hill.
- Harto, Sri. 1993. Analisis Hidrologi. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama
- Soemarto, C.D. 1987. Hidrologi Teknik. Surabaya : Usaha Nasional.
- Soewarno. 1995. Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data. Bandung: Penerbit Nova.
- Wibowo, H. 2010. Aplikasi Model Hidrograf Satuan Sintesis US SCS Dalam Upaya Optimalisasi Tata Guna Lahan Daerah Aliran Sungai Mempawah Kalimantan Barat. Jurnal Rekayasa Vol.14 No. 1, April 2010
- Hanova, Y,2018, Analisis Potensi Limpasan Permukaan (Run Off) Di Kawasan Industri Medan Menggunakan Metode SCS. Jurnal tidak diterbitkan. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Medan
- Pratiwi, Dimas Tiara. 2011. Analisis Hidrograf Aliran Menggunakan HEC-HMS (Studi Kasus : DAS Citarum Hulu). Jurnal tidak diterbitkan. FMIPA : Institut Pertanian Bogor. Bogor.