

ANALISIS KORELASI DEBIT BANJIR RENCANA BERDASARKAN DATA HUJAN DAN DATA DEBIT PADA SUNGAI BATANG SIKILANG D KABUPATEN PASAMAN

MAIZIR, VIONA ARYA SORANDICHA
Institut Teknologi Padang, Praktisi Teknik Sipil

Abstract: *In river control and normalization planning, flood discharge data is needed to determine the cross-sectional dimensions of the river, and also to determine the dimensions of other buildings. The most appropriate data used to determine the amount of flood discharge (design flood) is the discharge data. If discharge data is not available, rainfall data is usually used to determine the planned flood discharge that may occur for a certain period. Observations were made at the location of the Batang Sikilang AWLR station which is located to the right of the flow, 100 m from the Batang Sikilang bridge, on the Simpang Empat Ujung Gading road section, with coordinates 000, 13", 55" LS and 0990, 36", 45" East Longitude. (0, 14, 35; 99, 37, 13). Rainfall data used from Sta. Sontang and Sta. Ujung Gading, then the average value is taken and analyzed by the Gumbel Type I method, to get the planned rainfall with a certain period, and the planned flood discharge is analyzed using the Rational method. Discharge data were analyzed using the Gumbel Type I method to obtain a planned discharge with a certain period. Batang Sikilang river discharge data is available for 10 years, with a recording period from 2003 to 2012. The results of planned flood discharge analysis based on rain data are compared with the results of flood discharge analysis based on discharge data. The results show a good correlation (suitability) between the two. This means that the planned flood discharge based on rain data provides comparable results with flood discharge analysis based on discharge data. Furthermore, it can be concluded that the planned flood discharge based on rain data can be fully used for river control planning and other water construction planning activities.*

Keywords: *flood discharge, rain data, discharge data.*

Abstrak: Dalam perencanaan pengendalian dan normalisasi sungai data debit banjir diperlukan untuk menentukan dimensi penampang sungai, dan juga untuk menentukan dimensi bangunan-bangunan lainnya. Data yang paling tepat digunakan untuk menentukan besaran debit banjir (design flood) adalah data debit. Jika data debit tidak tersedia, maka untuk menentukan besar debit banjir rencana yang mungkin terjadi untuk periode tertentu biasanya digunakan data hujan. Pengamatan dilakukan pada lokasi stasiun AWLR Batang Sikilang yang terletak sebelah kanan aliran, 100 m dari jembatan Batang Sikilang, pada ruas jalan Simpang Empat Ujung Gading, dengan koordinat 00⁰, 13', 55" LS dan 099⁰, 36', 45" BT. (0, 14, 35 ; 99, 37, 13). Data hujan yang digunakan dari Sta. Sontang dan Sta. Ujung Gading, kemudian diambil nilai rata-ratanya dan dianalisis dengan metode Gumbel Tipe I, untuk mendapatkan curah hujan rencana dengan periode tertentu, dan debit banjir rencana dianalisis dengan metode Rational. Data debit dianalisis dengan metode Gumbel Tipe I untuk mendapatkan debit rencana dengan periode tertentu. Data debit sungai Batang Sikilang tersedia selama 10 tahun, dengan periode pencatatan dari 2003 s/d 2012. Hasil analisis debit banjir rencana berdasarkan data hujan dibandingkan dengan hasil analisis debit banjir berdasarkan data debit. Hasilnya menunjukkan korelasi (kesesuaian) yang baik diantara keduanya. Artinya debit banjir rencana berdasarkan data hujan memberikan

hasil yang sebanding dengan analisis debit banjir berdasarkan data debit. Selanjutnya dapat disimpulkan bahwa debit banjir rencana berdasarkan data hujan dapat digunakan sepenuhnya untuk kegiatan perencanaan pengendalian sungai dan perencanaan bangunan air lainnya.

Kata kunci: debit banjir, data hujan, data debit.

A. Pendahuluan

Dalam perencanaan pengendalian dan normalisasi sungai, data debit banjir diperlukan untuk menentukan dimensi penampang sungai, dan dimensi bangunan-bangunan lainnya. Sumber data yang bisa didapatkan dilapangan untuk menghitung besaran debit banjir sungai, yaitu data hujan dan data debit. Data yang paling tepat digunakan untuk menentukan besaran debit banjir (design flood) adalah data debit. Jika data debit tidak tersedia, maka untuk menentukan besar debit banjir rencana yang mungkin terjadi untuk periode tertentu biasanya digunakan data hujan. Data debit didapatkan dari hasil pengamatan fluktuasi muka air sungai pada pos pengamatan muka air sungai dengan alat AWLR (Automatic Water Level Record). Namun belum semua sungai mempunyai pos pengamatan debit sungai. Data hujan bisa didapatkan dari stasiun pencatatan data hujan yang tersebar di beberapa lokasi pengamatan data hujan.

Karena umumnya besar curah hujan untuk setiap tempat tidak sama, maka untuk menentukan besar curah hujan harian rencana digunakan data dari beberapa stasiun pengamatan curah hujan yang representatif, baik yang berada dilokasi atau disekitar lokasi. Dari sebaran stasiun hujan yang bisa didapatkan data hujannya di lapangan sudah tentu kondisinya berbeda-beda untuk masing-masing daerah tangkapan aliran (DTA). Ada stasiun hujan yang berada dalam kawasan daerah tangkapan aliran, ada stasiun hujan yang berada di sekitar DTA, dan ada pula stasiun hujan yang jauh dari DTA.

Ada beberapa metode yang biasa digunakan untuk menentukan besaran debit aliran tersebut. Salah satunya adalah dengan menggunakan metode Rasional (Rational Method). Pilihan menggunakan metode Rasional diantaranya adalah karena praktis dan mudah dalam analisis dan penerapannya dan dapat menghasilkan besar debit aliran maksimum dengan cepat dan mudah. Metode ini mudah penerapannya, tapi untuk memakainya pada berbagai kondisi daerah perencanaan, masih harus dibutuhkan kebijaksanaan dari para perencana, baik mengenai teorinya, maupun mengenai penguasaan medan/daerah yang direncanakan. Kondisi berbagai daerah tangkapan aliran (DTA) erat sekali hubungannya dengan besaran debit aliran yang dihasilkan, diantaranya pengaruh bentuk DTA, kemiringan sungai, keadaan topografi permukaan dan lain-lain. Namun yang paling penting adalah tersedianya data hujan.

Studi dilakukan pada DTA sungai Batang Sikilang di Kabupaten Pasaman, karena pada sungai Batang Sikilang ada data debitnya. Studi ini dilakukan untuk mengetahui apakah debit banjir rencana yang dihitung berdasarkan data hujan, apakah masih layak digunakan untuk menentukan besaran debit banjir rencana disungai yang akan digunakan untuk berbagai kebutuhan. Tujuan penelitian ini adalah dengan maksud untuk mengetahui apakah ada korelasi debit banjir yang dihitung berdasarkan data hujan dengan debit banjir berdasarkan data debit.

B. Metodologi Penelitian

Pelaksanaan penelitian adalah untuk mengetahui dengan membandingkan debit banjir yang dihitung berdasarkan data hujan dan debit banjir data debit berdasarkan

data debit. Tahapan pelaksanaan penelitian sebagai berikut: a) Menentukan DTA Batang Sikilang, dari pos duga AWLR, dan letak stasiun curah hujan sesuai koordinat; b) Membandingkan data hujan dan data debit berdasarkan waktu kejadiannya; c) Menghitung luas daerah pengaruh dari masing-masing stasiun hujan dengan metode Thiessen dan menentukan nilai koefisien pengaruh tiap stasiun; d) Menentukan jenis distribusi yang sesuai berdasarkan parameter statistik yang ada; e) Menguji sebaran *data* untuk mengetahui apakah distribusi yang dipilih sudah tepat; f) Mengolah data curah hujan untuk mendapatkan debit banjir dengan periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 . dengan metode Rasional; g) Mengolah data debit untuk mendapatkan debit banjir dengan periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 . dengan analisis statistic; dan h) Membandingkan hasil keduanya dan membuat kesimpulan

C. Hasil dan Pembahasan

Data Analisis

Data yang diperlukan untuk analisis ini adalah sebagai berikut:

- a) Peta topografi skala 1:50.000 untuk menentukan luas DTA

Kondisi DTA Batang Sikilang yang diperoleh dari peta topografi adalah sbb.

Luas total daerah tangkapan aliran (DTA) Batang Sikilang (A) = 263 km²

Panjang sungai (L) = 54,70 km.

Kelerengan/kemiringan rata-rata (S) = 0,019 m

- b) Data curah hujan.

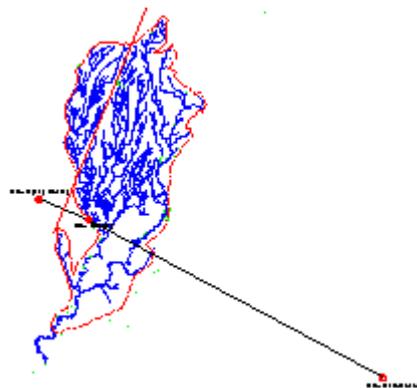
Ada 3 stasiun hujan yang dekat dengan lokasi DTA yang datanya bisa digunakan untuk analisis debit aliran, yaitu :

STA Ujung Gading (1⁰. 35' .30" LS. dan 100⁰. 58' .15" BT)

STA Suka Menanti (0⁰. 07' . 17" LU. dan 99⁰. 52' . 13" . BT)

STA Sontang (0⁰. 01' . 05" LS. dan 100⁰. 25' . 25" BT)

Data curah hujan harian yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum tahunan tiap stasiun.



Gambar 1. Gambar daerah tangkapan aliran (DTA) Batang Sikilang

Tabel 1. Luas daerah pengaruh masing-masing stasiun hujan terhadap DTA

Stasiun	Luas (km ²)	Persentase
Ujung Gading	42,56	16,18 %
Sontang	220,44	83,82 %
Suka Menanti	0	0 %

Dari hasil analisis polygon Thiessen, ternyata hanya 2 stasiun yang mempunyai pengaruh, yaitu Sta. Ujung Gading dan Sta. Sontang, sementara Sta. Suka Menanti di arah tenggara tidak mempunyai pengaruh karena letaknya terlalu jauh.

Tabel 2. Curah Hujan Harian Maksimum

No	Tahun	Data Hujan Tahunan (mm)			CH Rencana (mm)
		Ujung Gading (16,18 %)	Sontang (83,82 %)	Sukamenanti (0 %)	
1	2012	77,0	32,1	120	39,4
2	2011	79,0	94,1	90	91,7
3	2010	198,0	60,0	67	82,3
4	2009	185,0	89,0	64	104,5
5	2008	148,0	100,0	183	107,8
6	2007	137,0	100,0	98	106,0
7	2006	67,0	250,0	89	220,4
8	2005	108,0	82,0	105	86,2
9	2004	104,0	91,0	117	93,1
10	2003	143,0	68,0	78	80,1

c) Data debit dari Batang Sikilang.

Data debit aliran Batang Sikilang dari stasiun AWLR Batang Sikilang pada koordinat 00⁰, 13', 55" LS dan 099⁰, 36', 45" BT. Lokasi AWLR terletak dikanan aliran, 100 m dari jembatan Batang Sikilang, Simpang Empat Ujung Gading. Periode pencatatan dari 2003 s/d 2012

Tabel 3. Data debit Batang Sikilang

No	Tahun	Debit aliran (m ³ /det)
1	2012	192,00
2	2011	213,00
3	2010	279,00
4	2009	179,57
5	2008	201,80
6	2007	310,42
7	2006	236,31
8	2005	233,45
9	2004	119,50
10	2003	116,11

Tabel 4. Data hujan dan data debit berdasarkan kejadiannya

Tahun	Stasiun	R mak (mm)	Tanggal	Debit (m ³ /dt)	Tanggal
2003	Ujung Gading	143,0	4-Agt	116,11	20-Nov
	Suka Menanti	78,0	30-Agt		
2004	Ujung Gading	104,0	12-Dec	119,50	15-Apr
	Suka Menanti	117,0	19-Spt		

2005	Ujung Gading	108,0	28-Feb	233,45	2-Spt
	Suka Menanti	105,0	15-Mrt		
2006	Ujung Gading	161,0	23-Jun	236,31	29-Oct
	Suka Menanti	89,0	20-Mrt		
2007	Ujung Gading	137,0	21-Oct	310,42	23-Jul
	Suka Menanti	96,0	20-Mrt		
2008	Ujung Gading	148,0	31-Jan	201,80	1-Feb
	Suka Menanti	183,0	22-Feb		
2009	Ujung Gading	185,0	7-Nov	179,57	21-Agt
	Suka Menanti	64,0	18-Agt		
2010	Ujung Gading	198,0	3-Apr	289,85	4-Apr
	Suka Menanti	67,0	26-Spt		
2011	Ujung Gading	79,0	27-Nov	277,81	30-Apr
	Suka Menanti	90,0	26-Feb		
2012	Ujung Gading	77,0	5-Spt	236,00	20-Agt
	Suka Menanti	120,0	21-Agt		

Dari hasil pengamatan berdasarkan kejadiannya, maka tidak terdapat korelasi hubungan antara data kejadian hujan dan kejadian debit besar. Logikanya, pada saat hujan lebat, maka debit sungai juga akan meninggi, begitu juga sebaliknya. Jadi untuk stasiun hujan yang berada diluar DTA tidak terdapat hubungan langsung antara kejadian hujan besar dengan debit aliran (table 4)

Pengolahan Data Hujan dan Data Debit

Data hujan dan data debit dianalisis dengan statistik analisa frekuensi. Dalam analisa frekuensi, hasil yang diperoleh tergantung pada kualitas dan panjang data. Makin pendek data yang tersedia, makin besar penyimpangan yang terjadi. Menurut Soemarto (1987), dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi yang umum digunakan dalam bidang hidrologi diantaranya distribusi Gumbel Tipe I, Log Normal dan Log – Person Type III.

Distribusi Gumbel tipe I

Curah hujan rencana dihitung dengan rumus

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

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

$$Y_t = -\ln \left[-\ln \frac{T-1}{T} \right]$$

X_T = curah hujan rencana dengan dengan periode ulang T tahun (mm) ; \bar{X} = nilai rata-rata hujan (mm) ; S = deviasi standar (simpangan baku) ; S_n = deviasi standar dari reduksi variant (reduced standart deviation) ; Y_T = Nilai reduced variate dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang T tahun ; Y_n = nilai rata-rata dari reduksi (reduce mean) yang tergantung dari jumlah data (n),

Distribusi Log Normal

Curah hujan rencana dihitung sebagai berikut:

$$\overline{\log X} = \frac{1}{n} (\log X_t)$$

$$S = \sqrt{\frac{(\log X_i - \overline{\log X})^2}{n-1}}$$

$$X_t = \overline{X} + S \cdot K_t$$

Menurut Jayadi (2000), ciri khas distribusi Log Normal adalah nilai asimetris (koefisien skewness) sama dengan tiga kali nilai koefisien variasi (Cv) atau bertanda positif.

Distribusi Log – Person Type III

Parameter penting dalam Pearson Type III yaitu harga rata-rata, simpangan baku dan koefisien kemencengan. Jika koefisien kemencengan sama dengan nol maka distribusi kembali ke distribusi Normal (Suripin, 2004)

Perhitungan curah hujan rencana dengan distribusi Log Pearson Type III adalah sbb. :

$$\overline{\log X} = \frac{1}{n} (\log X_t)$$

$$S = \sqrt{\frac{(\log X_i - \overline{\log X})^2}{n-1}}$$

Standar deviasi

$$C_s = n \sum_{i=1}^n \frac{(\log X_i - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2)(n-3)}$$

Koefisien kemencengan :

Curah hujan dengan periode ulang T : $\text{Log } X_t = \overline{\log X} + K \cdot S$

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Analisis Curah Hujan Rencana

No	Periode	Gumbel Type I	Log Person III	Log Normal
1	2	94,89	81,30	90,96
2	5	150,15	132,16	130,78
3	10	186,74	160,99	159,48
4	25	232,97	303,89	198,36
5	50	267,27	230,60	228,45
6	100	301,31	262,90	260,86
7	200	335,18	296,97	292,80

Tabel 6. Syarat Penggunaan Jenis sebaran

No	Jenis Sebaran	Syarat	Perhitungan	Keterangan
1	Gumbel Tipe I	$C_k \leq 5.4002$	$C_k = 4.73$	Memenuhi
		$C_s \leq 1.139$	$C_s = 0,03$	Memenuhi
2	Log Normal	$C_s = 3C_v + C_v^3 = 1.94$	$C_s = 0,03$	Memenuhi
		$C_k = 0$	$C_k = 4.73$	Tidak Memenuhi
3	Log Person Type III	$C_s \neq 0$	$C_s = 0,2$	Tidak Memenuhi
		$C_k = 1.5C_s (\ln X)^{2+3}$	$C_k = 4.73$	Tidak Memenuhi
		$= 3.203$		

Metode yang yang paling mendekati adalah Metode Gumbel I dengan nilai $C_s = 0,03$ dan nilai $C_k = 4,37$. Untuk mengetahui apakah pemilihan distribusi yang digunakan

dalam analisis curah hujan rancangan diterima atau ditolak, maka perlu dilakukan uji kesesuaian distribusi. Uji ini dilakukan secara vertikal dengan metode Chi Square, dan secara horisontal dengan Metode Smirnov Kolmogorof.

Uji kesesuaian distribusi

Uji Chi-Square

Uji ini digunakan untuk menguji simpangan secara vertikal apakah distribusi pengamatan dapat diterima secara teoritis. Tujuannya untuk menguji penyimpangan distribusi data pengamatan dengan mengukur secara matematis kedekatan antara data pengamatan dan seluruh bagian garis persamaan distribusi teoritisnya. Uji Chi-Square dapat diturunkan menjadi persamaan sebagai berikut (Soewarno, 1995)

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Dengan χ^2 = Chi-Square ; E_i = frekuensi (banyaknya pengamatan) yang diharapkan, sesuai dengan pembagian kelasnya. O_i = frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama.

Derajat kebebasan dihitung dengan rumus : $DK = K - (P + 1)$

DK = derajat kebebasan, K = banyaknya kelas, dan untuk distribusi Metode Gumbel, nilai $P = 1$

Bila χ^2 hitung dengan derajat kebebasan (DK) yang dipilih lebih kecil dari χ^2_{cr} (dari tabel Chi-Square dengan derajat signifikan α), berarti distribusi frekwensi yang digunakan sesuai dengan sebaran data.

Hasil uji keselarasan sebaran dengan Chi-Kuadrat pada derajat signifikan (α) = 5%

diperoleh nilai $\chi^2 = 2 < \chi^2_{cr} = 5,99$. Jadi distribusi frekwensi yang digunakan sesuai dengan sebaran data.

a. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji ini digunakan untuk menguji simpangan secara horizontal, yaitu merupakan selisih simpangan maksimum antara distribusi teoritis dan empiris (D_0). Uji kesesuaian Smirnov-Kolmogorov, sering juga disebut uji kecocokan non parametrik (non parametric test), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.

Bila $D_0 < D_{cr}$ maka distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima, bila $D_0 > D_{cr}$ maka distribusi tidak dapat diterima. Nilai D_{cr} dapat dilihat pada Tabel uji Smirnov-Kolmogorov

Hasil uji Smirnov-Kolmogorov dengan derajat Signifikan = 0,05(5%), diperoleh D_0 Kritis = 0,29 > $D_{mak} = 0,20$ (distribusi diterima)

Perhitungan Debit Rencana

Berdasarkan data hujan.

Hasil hitungan debit banjir dengan metode Rasional untuk berbagai periode ulang adalah sebagai berikut :

Luas daerah tangkapan aliran (A) = 263 km²

Panjang sungai dari tempat yang terjauh = 54,7 km.

Kemiringan memanjang rata-rata 0,019

Debit banjir rencana $Q = 0.278 \cdot C \cdot I \cdot A Q = 0.278 \cdot C \cdot I \cdot A$

Masalah muncul dalam penetapan koefisien pengaliran C. Berbagai literature memberikan nilai C yang berbeda. Jika nilai C rendah, maka debitnya juga akan rendah, dan begitu juga sebaliknya. Sungai Batang Sikilang dengan DTA nya sebagian besar masih merupakan hutan lebat dan sedang, dan sebagian kecil merupakan daerah terbuka, pemukiman dal lain-lain. Perkiraan nilai C berdasarkan Kodoatie adalah 0,20

Untuk kondisi permukaan DTA campuran, nilai C dihitung sebagai berikut :

pemukiman	0,60	10	6
hutan	0,20	185	37
perkebunan	0,30	39	11,7
sawah	0,15	29	4,35
jumlah		263	59,05
		nilai c	0,225

Nilai C yang digunakan adalah 0,225

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times s} \right)^{0,385}$$

Waktu konsentrasi = 17,42

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3}$$

Intensitas curah hujan rencana

Tabel 7. Debit Banjir Rencana Dari Data Hujan Dengan Metode Rasional

No	Periode Ulang (Tahun)	A (Km ²)	Rt	w	t _c	I	Qt (m ³ /dt)
1	2	263	94,89	0,13	17,42	4,90	143,18
2	5	263	150,15	0,13	17,42	7,75	226,57
3	10	263	186,74	0,13	17,42	9,63	281,78
4	25	263	232,97	0,13	17,42	12,02	351,54
5	50	263	267,27	0,13	17,42	13,79	403,29
6	100	263	301,31	0,13	17,42	15,55	454,66
7	200	263	335,18	0,13	17,42	17,29	505,77

Berdasarkan data debit

Debit banjir rencana dengan data debit dianalisis dengan metode Gumbel Tipe I.

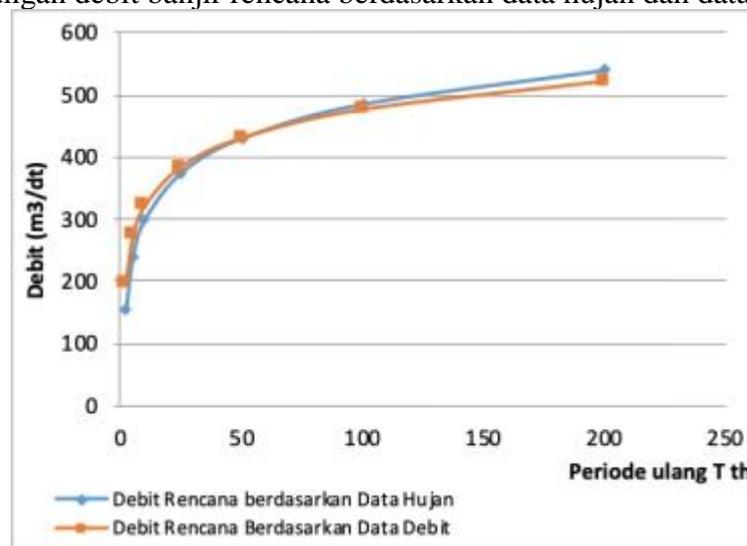
Tabel 8. Ditribusi Sebaran data Debit dengan metode Gumbel Tye I

No	Periode Ulang T (tahun)	X	Sd	Sn	Yn	Yt	Q harian Max
1	2	208,12	61,81	0,95	0,50	0,37	199,76
2	5	208,12	61,81	0,95	0,50	1,50	273,54
3	10	208,12	61,81	0,95	0,50	2,25	322,40
4	25	208,12	61,81	0,95	0,50	3,20	384,12
5	50	208,12	61,81	0,95	0,50	3,90	429,92
6	100	208,12	61,81	0,95	0,50	4,60	475,37
7	200	208,12	61,81	0,95	0,50	5,30	520,60

Tabel 9. Rekapitulasi Hasil Hitungan Debit Banjir Rencana

no	Periode	Debit Rencana	Debit Rencana
	T (tahun)	berdasarkan Data Hujan	Berdasarkan Data Debit
1	2	152,81	199,76
2	5	241,81	273,54
3	10	300,74	322,40
4	25	375,19	384,12
5	50	430,42	429,92
6	100	485,25	475,37
7	200	539,80	520,60

Grafik Hubungan debit banjir rencana berdasarkan data hujan dan data debit



Dari hasil hasil plotting kedua data hasil analisis analisis ini pada grafik terdapat korelasi yang seimbang antara debit banjir yang dihasilkan dengan data hujan dan debit banjir yang dihasilkan dengan data debit. Artinya data hujan kawasan dapat digunakan untuk menentukan besaran debit banjir rencana untuk berbagai kegiatan.

D. Penutup.

Metode Rational dinilai mempunyai validitas yang cukup baik dalam menentukan besaran debit banjir berdasarkan data hujan. Dari hasil plotting kedua data, terdapat korelasi yang seimbang antara debit banjir yang dihasilkan dengan data hujan dan debit banjir yang dihasilkan dengan data debit. Metode Rasional tetap masih dianggap metode yang paling praktis dan mudah penerapannya dalam analisis debit banjir untuk berbagai kebutuhan. Masalahnya adalah dalam penetapan koefisien pengaliran C. Jika dipedomani Suyono nilai C sangat tinggi, sehingga debit yang dihasilkan juga tinggi. Nilai C yang dipedomani adalah berdasarkan Kodoatie, yaitu hutan dengan kisaran nilai C = 0,1 s/d 0,2. Nilai C yang mendekati adalah 0,225. Hal-hal yang masih membutuhkan penelitian lebih lanjut adalah dalam menentukan besarnya koefisien pengaliran. Untuk sungai Batang Sikilang koefisien pengaliran yang sesuai adalah 0,225

Daftar Pustaka

- Studi Fenomena Gerusan Akibat Aliran Di Tikungan Sungai Batang Kuranji, Maizir, 2014
- Kodoatie, Robert. ; “Rekayasa dan Manajemen Banjir Kota”, Penerbit Andi Yogyakarta, 2013.
- Sumarto, C.D. ; “Hidrologi Teknik”, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1999.
- Montarchih L, Lily. . “Hidrologi Dasar”, Tirta Media, Malang, 2008.
- Sosrodarsono, Suyono, Kensaku Takeda ; “Hidrologi Untuk Pengairan”, Pradnya Paramita, Jakarta, 1980
- Pro Banjir Jaya, Masterplan for drainage and flood control of Jakarta, - Nedeco, 1974.
- E. Scritt; Design of Surface Water Sewers, C.R. Book's Ltd., 1964