

KAJIAN KALIBRASI HIDROGRAF REPRESENTATIF DI DAS SAMIRAN KABUPATEN PAMEKASAN

Agus Priombodo¹, Lily Montarchi Limantara², Ery Suhartanto²

¹Mahasiswa Program Magister Teknik Pengairan Universitas Brawijaya Malang.

²Dosen Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya Malang.

Abstrak: Daerah Aliran Sungai (DAS) Samiran terdiri dari Sungai Semajid dan anak sungainya mempunyai luas 69,76 km². Terletak di Kabupaten Pamekasan, Jawa Timur

DAS Samiran dipengaruhi oleh 5 stasiun hujan yang tersebar di dalam DAS. Selama ini belum pernah dikaji secara teoritis tentang kerapatan optimum dan pola penyebaran jaringan stasiun hujan yang sudah terpasang dan kajian hidrograf di DAS Samiran.

Dari hasil pengkajian dan analisa menggunakan Metode Kagan-Rodda diperoleh 3 stasiun terpilih, sedangkan Metode Kriging diperoleh hasil 11 buah stasiun terpilih dengan perletakan yang menyebar dalam DAS Samiran. Perhitungan kesalahan relatif curah hujan rancangan untuk metode Kagan-Rodda antara 14,53% dan metode Kriging antara 13,96%.

Kontrol ordinat untuk mendapatkan limpasan 1 mm dari luasan DAS adalah 19,378 m³/dt/th dari metode Collins. Pada Hidrograf Gama I didapat rata-rata Waktu Puncak (Tp) pada jam ke 2, debit puncak (Qp) 300 m³/dt dengan waktu dasar 14 jam dan pada hidrograf Limantara didapat rata-rata Waktu Puncak (Tp) pada jam ke 4, debit puncak (Qp) 170 m³/dt dengan waktu dasar 14 jam Sedangkan perhitungan dari Hidrograf Satuan Obsrvasi (HSO) didapat Waktu Puncak (Tp) pada jam ke 8, debit puncak (Qp) 4,27 m³/dt dengan waktu dasar 11 jam

Kata kunci: Jaringan stasiun hujan, Kagan-Rodda, Kriging, Hidrograf

Abstract: Samiran watershed is including Semajid River and its tributaries has an approximate to 69,76 km² of number area. This watershed is located in Pamekasan distric, East Java.

Samiran catchment area is affected by approximate to 5 rain stations scattered in the watershed. Has not been studied theoretically about the optimum density and dispersal patterns of their rainfall station networks have been installed and comparative studied in hidrograf in the Samiran watershed.

Based on the results of the assessment and analysis by using Kagan-Rodda method, it was acquired 3 selected stations, while the Kriging method obtained results 5 selected stations that spreads in the Samiran watershed. Relative error for the design rainfall of Kagan-Rodda method was 14,53 and 13,96 for Kriging method.

Ordinat control to get runoff area of 1 mm from watershed is 19,378 m³/sec/year by using the method of Collins. It was obtained the average time to peak was 2 hours for GAMA I, peak discharge is 300 m³/sec with a time of peak discharge 14 hour basis. the Limantara hidrograf the average time to peak was 2 hours, peak discharge is 170 m³/sec with a time of peak discharge 8 hour basis. the hidrograf of observation have the average time to peak at 8 hours, peak discharge is 4,27 m³/sec with a time of peak discharge 11 hour basis.

Keywords: Rainfall station networks, Kagan-Rodda, Kriging, Hidrograf

Sungai Samiran dan anak sungainya merupakan salah satu sungai yang terletak di Kabupaten Pamekasan. Sungai Samiran memiliki luas DAS seluas kurang lebih 69,76 km². Dengan luas DAS yang kurang dari 500 km², DAS Samiran dipengaruhi oleh kurang lebih 5 stasiun hujan yang tersebar di dalam DAS. Pemasangan ini jauh lebih banyak dari kriteria Badan Meteorologi Dunia atau WMO (World Meteorological Organization) menyarankan kerapatan minimum jaringan stasiun hujan untuk daerah pegunungan ber-

iklim sedang, mediteran dan daerah tropis 100 – 250 km²/stasiun (www.upi.edu).

Oleh sebab itu diperlukan kajian guna mengetahui apakah jaringan penakar hujan yang ada sudah cukup mewakili kondisi dan variabilitas (keanekaragaman) yang ada di lokasi studi, atau justru dengan banyaknya penakar hujan di DAS Samiran perlu diadakan rasionalisasi guna menyederhanakan (mengurangi) atau meratakan perletakan stasiun penakar hujan.

RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah yang akan dibahas adalah:

1. Bagaimana perbandingan antara Analisa kerapatan stasiun hujan menggunakan metode Kagan–Rodda dan Kriging dengan kondisi eksisting?
2. Berapa kesalahan relatif yang terjadi, baik curah hujan metode Kagan–Rodda dan Kriging dengan kondisi eksisting?
3. Bagaimana perbandingan Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) dengan Hidrograf Satuan Observasi (HSO) di DAS Samiran?

KAJIAN PUSTAKA

1. Poligon Thiessen

Curah hujan rerata dengan metode Thiessen ini dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Anonim, 1992: 6):

$$\bar{d} = \frac{A_1 d_1 + A_2 d_2 + A_3 d_3 + \dots + A_n d_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n}$$

$$= \sum_{i=1}^n \frac{A_i d_i}{A}$$

Jika $\frac{A_i}{A}$ P_i merupakan persentase luas pada pos i yang jumlahnya untuk seluruh luas adalah 100%, maka:

$$\bar{d} = \sum_{i=1}^n P_i d_i$$

dengan:

A = luas areal

d = tinggi curah hujan rata-rata areal

$d_1, \dots, d_n$ = tinggi curah hujan di pos 1, ..., n

$A_1, \dots, A_n$ = luas daerah pengaruh di pos 1, ..., n

2. Log Pearson Tipe III

Pearson telah mengembangkan serangkaian fungsi probabilitas yang dapat dipakai untuk hampir semua distribusi probabilitas empiris. Terdapat 12 buah distribusi Pearson, tapi hanya distribusi Log Pearson Tipe III yang digunakan dalam analisis hidrologi (Limantara, 2010: 59). Parameter yang dipakai dalam distribusi Log Pearson Tipe III adalah:

a. Nilai tengah (*Mean*)

$$\bar{\log X} = \frac{\log x_i}{n}$$

dengan:

n = jumlah data

b. Simpangan baku (*Deviasi Standart*)

$$S_d = \sqrt{\frac{\log X_i - \bar{\log X}}{n - 1}}^2$$

c. Koefisien kepengcengan (*Skewness*)

$$C_s = \frac{n \cdot \frac{\log X_i - \bar{\log X}}{n - 1}^3}{S_d^3}$$

d. Menghitung nilai ekstrim

$$\log X = \bar{\log X} + G \cdot S_d$$

e. Mencari antilog dari log X untuk mendapatkan hujan rancangan yang dikehendaki

3. Metode Kagan-Rodda

Cara Kagan-Rodda telah banyak digunakan untuk menetapkan jaringan stasiun hujan pada DAS. Persamaan-persamaan yang dipergunakan untuk analisis jaringan Kagan Rodda adalah sebagai berikut (Harto, 1993: 31):

$$r_{(d)} = r_{(0)} \cdot e^{-\frac{d}{d_0}}$$

$$Z_1 = C_v \sqrt{\frac{1 - r_{(0)} \frac{0,23\sqrt{A}}{d_{(0)}\sqrt{n}}}{n}}$$

$$Z_2 = C_v \sqrt{\frac{\frac{1}{3}(1 - r_0) \frac{0,52 \cdot r_{(0)} \sqrt{A}}{d_{(0)}}}{n}}$$

$$L = 1,07 \sqrt{\frac{A}{n}}$$

dengan:

$r_{(d)}$ = koefisien korelasi untuk jarak stasiun sejauh d

$r_{(0)}$ = koefisien korelasi untuk jarak stasiun yang sangat pendek

d = jarak antar stasiun (km)

$d_{(0)}$ = radius korelasi

C_v = koefisien variasi

A = luas DAS (km²)

N = jumlah stasiun

Z_1 = kesalahan perataan (%)

Z_2 = kesalahan interpolasi (%)

L = jarak antar stasiun (km)

Koefisien variasi merupakan variasi relatif dari suatu variabel terhadap nilai rata-rata aljabarnya. Koefisien

variasi dapat dihitung dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Hitung nilai rata-rata hujan daerah

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

Hitung standar deviasi

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{n-1}}$$

Hitung koefisien variasi

$$C_v = \frac{S_d}{\bar{X}}$$

dengan:

C_v = koefisien variasi

S_d = standar deviasi

$\bar{X}$ = nilai rata-rata

Sedangkan koefisien korelasi (r) dapat dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{\sqrt{(n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2)(n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2)}}$$

dengan:

r = koefisien korelasi

n = jumlah data

X_i = data hujan pada stasiun X

Y_i = data hujan pada stasiun Y

4. Metode Kriging

Analisis dengan Kriging digunakan untuk estimasi nilai yang tidak diketahui berdasarkan nilai yang diketahui. Metode ini menggunakan *semivariogram* yang merepresentasikan perbedaan spasial dan nilai diantara semua pasangan sampel data. *Semivariogram* juga menunjukkan bobot (*weight*) yang digunakan dalam interpolasi. *Semivariogram* dihitung berdasarkan sampel *semivariogram* dengan jarak (h), beda nilai (z) dan jumlah sampel data (n). Dalam metode Kriging, fungsi *semivariogram* sangat menentukan. Oleh sebab itu *semivariogram* data perlu diketahui terlebih dahulu. Persamaan umum *semivariogram* adalah sebagai berikut (Harto, 1993: 65):

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} n \sum_{i=1}^n (z(x_i + h) - z(x_i))^2$$

dengan:

$z_{(xi)}$ = nilai z pada titik x yang ditinjau

h = jarak antar titik

$(X_i + h)$ = nilai Y pada jarak h dari titik x yang ditinjau

Sebelum model interpolasi digunakan, perlu diketahui terlebih dahulu seberapa akurat model yang akan digunakan. Salah satu cara untuk menguji keakuratan suatu model adalah dengan menggunakan validasi silang (*cross validation*). Metode ini menggunakan seluruh data untuk mendapatkan suatu model. Dari hasil prediksi dapat ditentukan galat yang diperoleh dari selisih antara nilai sesungguhnya dengan hasil prediksi.

$$e_i = Z_{(xi)} - Z^*_{(xi)} \quad (2-35)$$

dengan:

e_i = galat (*error*)

$Z_{(xi)}$ = nilai sesungguhnya pada lokasi ke-i

$Z^*_{(xi)}$ = prediksi nilai pada lokasi ke-i

Beberapa ukuran yang dapat digunakan untuk membandingkan keakuratan model adalah:

- a. *Root Mean Square Error* (RMSE)

Ukuran ini paling sering digunakan untuk membandingkan akurasi antara dua atau lebih model dalam analisis spasial. Semakin kecil nilai RMSE suatu model menandakan semakin akurat model tersebut.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n}}$$

dengan:

e_i = galat

n = jumlah data

- b. *Mean Absolute Error* (MAE)

Ukuran ini mengindikasikan seberapa jauh penyimpangan prediksi dari nilai sesungguhnya.

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |e_i|}{n}$$

dengan:

e_i = galat mutlak

n = jumlah data

Semakin kecil nilai MAE suatu model interpolasi spasial, Semakin kecil penyimpangan prediksi dari nilai sesungguhnya.

5. Distribusi Hujan

Sebaran hujan jam jaman dihitung dengan menggunakan rumus Mononobe (Hadisusanto, 2011: 155):

$$R_t = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}}$$

dengan:

R_t = intensitas hujan rerata dalam t jam (mm/jam)

R_{24} = curah hujan dalam 1 hari

t_c = waktu konsentrasi (jam)

5. Hujan Netto

Hujan netto (R_n) dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$R_n = C \times R$$

dengan:

R_n = hujan netto

C = koefisien limpasan

R = intensitas curah hujan

6. Hidrogrf Satuan Pengamatan

Dalam studi ini dipergunakan metode Collins dengan rumus estimasi terakhir ordinat hidrograf satuan adalah sebagai berikut (Limantara, 2010: 184):

$$U_e = (V \cdot U^{**}) / (3600 \cdot U^{**})$$

dengan:

$$U^{**} = (U_1 + F \cdot U^*) / (1/F)$$

$$U^* = Q / R_{\text{eff maks}}$$

U_e = ordinat hidrograf awal

V = volume limpasan (m^3)

U_i = unit hidrograf pada jam ke- i

F = faktor kalibrasi

U^* = ordinat hidrograf dikoreksi

Q = ordinat hidrograf pengamatan

$R_{\text{eff maks}}$ = hujan efektif maksimum

7. Hidrograf Satuan Sintetis

A. Hidrograf Gama I satuan dilihat terlebih dahulu karakteristiknya yaitu:

Panjang DAS utama (L), Lebar DAS $1/4 L$ (WL), Lebar DAS $3/4 L$ (WU), Luas DAS (A), Jumlah pangsa DAS tingkat 1 (P_1), Luas DAS hulu (AU), Jumlah Pertemuan DAS (JN), Jumlah pangsa DAS pada semua tingkat (PN), 9. Jumlah panjang DAS tingkat (L_1) = (b) L , Jumlah panjang DAS semua tingkat (LN) = (a) L , Slope DAS utama (S), Panjang alur DAS ke titik berat DAS (LC)

Parameter Yang lain

a) Faktor DAS (SF) = L_1 / LN

b) Frekuensi sumber (SN) = P_1 / PN

c) Luas DAS hulu (RUA) = AU / A

d) Faktor lebar (WF) = WU / WL

e) Faktor simetri (SIM) = RUA / WF

f) Kerapatan jaringan keras (D) = LN / A

Persamaan untuk Menentukan Hidrograf

a. Waktu naik

$$TR = 0,43 \frac{L^3}{(100 - SF)} + 1,0665 \cdot SIM + 1,2775$$

b. Waktu Dasar

$$TB = 27,4132 \cdot TR^{0,1457} \cdot S^{-0,0986} \cdot SN^{0,7344} \cdot RUA^{0,25744}$$

c. Debit Dasar

$$QB = 0,4751 \cdot A^{0,644} \cdot D^{0,943}$$

d. Debit Puncak

$$Qp = 0,1836 \cdot A^{0,5886} \cdot TR^{-0,4008} \cdot JN^{0,2381}$$

e. Koefisien Tampungan

$$k = 0,5617 \cdot A^{0,1793} \cdot S^{-0,1446} \cdot SF^{-1,0897} \cdot D^{0,0452}$$

f. Debit Resesi Hidrograf

$$Qt = Qp [e^{-t/k}] = 12,36 [e^{-t/2,138}]$$

$$\text{Hidrograf naik } Qt = Qp [t / TR]$$

(dimulai dari $t \leq R$)

$$\text{Hidrograf turun } Qt = Qp [e^{-t/k}]$$

(dimulai dari $t > TR$)

B. Metode Limantara didasarkan pada Luas DAS (A), Panjang DAS utama (L), Panjang alur DAS ke titik berat DAS (LC), Slope DAS utama (S) dan kemiringan DAS (n)

Sedangkan Persamaan untuk Menentukan Hidrograf

$$Tg = 0,4 + 0,058L$$

$$Tp = tg + 0,8 \cdot tr, tr = 1$$

$$Qp = 0,042 \cdot A^{0,451} \cdot L^{0,497} \cdot Lc^{0,356} \cdot S^{-0,131} \cdot n^{0,168}$$

Kurva naik

$$Qn = Qp[(t/Tp)]^{1,107}$$

Untuk $t > 3$ jam kurva turun

$$Qt = Qp \cdot 10^{0,175(Tp-t)}$$

C. Hidrograf Satuan Observasi (HSO)

Hidrograf satuan yang dihitung dari satu kasus banjir masih belum merupakan hidrograf yang mewakili DAS yang bersangkutan. Karenanya dibutuhkan hidrograf yang diturunkan dari banyak kasus banjir, lalu dirata-rata. Namun jumlah pasti berapa jumlah kasus banjir yang diperlukan tidak diketahui secara pasti. Tahapan yang perlu dilakukan adalah:

a. Menghitung waktu puncak rata-rata dan debit puncak rata-rata

b. Menghitung hidrografsatuan pengamatan tak berdimensi (t/TP dan Q/QP) untuk masing-masing kasus

c. Menghitung hidrograf satuan pengamatan (HSO) rata-rata tak berdimensi

d. Menghitung hidrograf satuan pengamatan (HSO) rata-rata

8. Kesalahan Relatif

Perhitungan kesalahan relatif debit banjir dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$K_r = \left| \frac{X_a - X_b}{X_a} \right| \times 100\%$$

dengan:

K_r = kesalahan relatif (%)

X_a = nilai asli

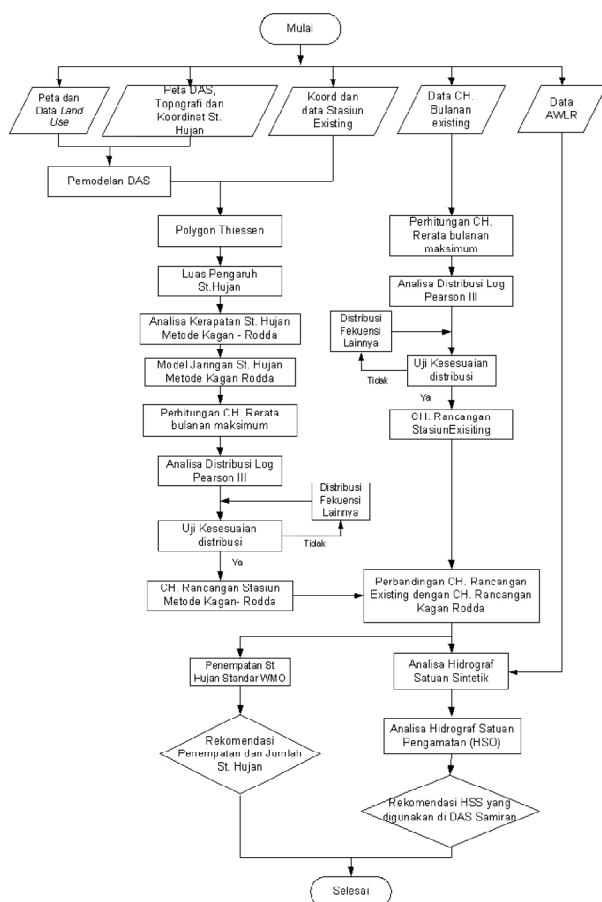
X_b = aproksimasi

METODOLOGI PENELITIAN

1. Kondisi Daerah Studi

Sungai Samiran dan anak-anak sungainya berada di wilayah Kabupaten Pamekasan. Sungai ini memiliki luas Daerah Pengaliran seluas 69,764 km², dengan alur sungai utama sepanjang 28,66 km di Kabupaten Pamekasan.

2. Alur Pengerjaan Studi



Gambar 1. Diagram alir penelitian

HASIL ANALISA

1. Curah Hujan Rancangan (Eksisting)

Dalam studi ini digunakan metode Log Pearson Tipe III karena metode tersebut dapat digunakan untuk semua sebaran data, yang mana harga koefisien skewnes (Cs) dan koefisien kurtosis (Ck) bebas.

Tabel 1. CH. Kala Ulang (Eksisting)

No	Tr (tahun)	R rata-rata (Log)	Std Deviasi (log)	Kemencengan (Cs)	Peluang (%)	K	Curah Hujan Rancangan Log	mm
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
1	1,01	1,700	0,071	-0,2	99	-2,130	1,548	35,34
2	2	1,700	0,071	-0,2	50	0,050	1,703	50,49
3	5	1,700	0,071	-0,2	20	0,824	1,758	57,31
4	10	1,700	0,071	-0,2	10	1,309	1,793	62,04
5	20	1,700	0,071	-0,2	5	0,000	1,700	50,08
6	25	1,700	0,071	-0,2	4	1,849	1,831	67,78
7	50	1,700	0,071	-0,2	2	2,211	1,857	71,92
8	100	1,700	0,071	-0,2	1	2,544	1,880	75,94
9	200	1,700	0,071	-0,2	0,5	2,856	1,903	79,02
10	1000	1,700	0,071	-0,2	0,1	3,520	1,950	89,10

Sumber : Hasil Perhitungan

2. Analisa Jaringan Stasiun Hujan Dengan Metode Kagan-Rodda

Dipergunakan perhitungan koefisien korelasi dari hujan tahunan, dari hasil perhitungan didapatkan seluruh koefisien korelasi hujan bernilai positif.

Tabel 2. Koefisien korelasi

NO	NAMA Stasiun	Ket.	Jarak Antar Stasiun dan Koefisien Korelasi Antar Stasiun				
			Proppo	Samiran	Klampar	Tlanakan	Pademawu
1	Proppo	Jarak	0,0000	4,5406	5,2646	10,1081	12,4865
		Koef. Korelasi		0,167	0,328	0,344	0,589
2	Samiran	Jarak		0,0000	1,0558	5,5730	7,9683
		Koef. Korelasi			0,801	0,189	0,186
3	Klampar	Jarak			0,0000	5,0448	7,2497
		Koef. Korelasi				0,004	0,037
4	Tlanakan	Jarak				0,0000	2,7090
		Koef. Korelasi					0,020
5	Pademawu	Jarak					0,0000

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan perhitungan diperoleh nilai $r_{(0)} = 0,315$ dan nilai $d_{(0)} = 0,015$ kemudian dimasukkan dalam Z_1 dan Z_2 sebagaimana tercantum dalam Tabel 3. Dihitung panjang sisi segitiga sebagai berikut:

$$L = 1,07 \sqrt{\frac{A}{n}}$$

$$L = 1,07 \sqrt{\frac{69,76}{3}} = 5,16 \text{ km}$$

Tabel 3. Kesalahan Perataan (Z_1) dan Kesalahan Interpolasi (Z_2)

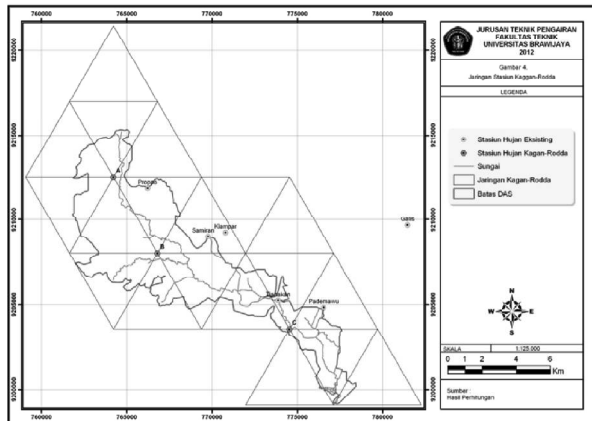
NO	Cv	r(0)	A	d(0)	Z1	Z2
1	1,333	0,315	69,763	0,015	14,927	12,575
2	1,333	0,315	69,763	0,015	0,086	10,580
3	1,333	0,315	69,763	0,015	6,561	9,564
4	1,333	0,315	69,763	0,015	5,292	8,903
5	1,333	0,315	69,763	0,015	4,479	8,422
6	1,333	0,315	69,763	0,015	3,909	8,049
7	1,333	0,315	69,763	0,015	3,484	7,747
8	1,333	0,315	69,763	0,015	3,154	7,494
9	1,333	0,315	69,763	0,015	2,888	7,279
10	1,333	0,315	69,763	0,015	2,670	7,091
11	1,333	0,315	69,763	0,015	2,487	6,925

Sumber: Hasil Perhitungan

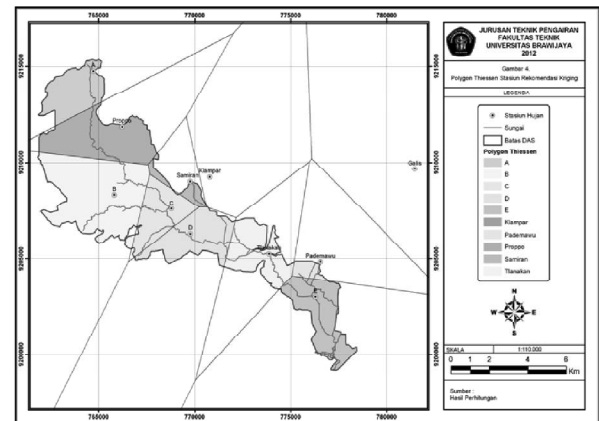
Hasil perhitungan diplotkan berdasarkan gambar plotting jaringan Kagan-Rodda (Gambar 2.).

3. Analisa Jaringan Dengan Metode Kriging

Dalam melakukan permodelan diambil *Root Mean Square Error (RMSE)* terkecil, dimana metode ini di hitung secara otomatis dengan *ArcView GIS 9.3*. Untuk pemilihan ukuran lag dilakukan se-



Gambar 2. Perletakan stasiun hujan Metode Kagan-Rodda



Gambar 3. Perletakan stasiun hujan Metode Kriging

cara otomatis dan banyaknya lag yang dipilih dalam permodelan semivariogram adalah yang menghasilkan nilai RMSE dan MAE terkecil (dalam studi ini model yang didapat adalah Spherical).

Nilai RMSE dan MAE dari semivariogram eksisting dihitung dengan persamaan:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n}} = \sqrt{\frac{11474,01}{6}} = 37,87$$

$$\text{MAE} = \frac{\sum_{i=1}^n |e_i|}{n} = 229,5/6 = 38,24$$

Perhitungan dilanjutkan dengan kembali *running* metode Kriging pada program ArcView GIS 9.3. Sehingga didapatkan hasil Tabel 3 yang dipergunakan untuk perhitungan RMSE dan MAE rekomendasi metode Kriging, sebagaimana tercantum dalam perhitungan berikut:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n}} = \sqrt{\frac{4823,88}{5}} = 31,06$$

$$\text{MAE} = \frac{\sum_{i=1}^n |e_i|}{n} = 132,715/5 = 26,24$$

Tabel 4. Perhitungan Galat Stasiun Hujan Rekomendasi

NO	ID	Stasiun Terdekat	Curah Hujan Eksisting (mm/th)	Curah Hujan Prediksi (mm/th)	Galat	Kuadrat galat	Kesalahan Relatif (%)	Ket.
1	A		1339,66	1350,00	10,34	106,83	0,77	Terpilih
2	B		1339,66	1350,00	10,34	106,83	0,77	Terpilih
3	C	Proppo	1384,23	1430,00	45,77	2095,17	3,30	Terpilih
4	D		1384,23	1430,00	45,77	2095,17	3,30	Terpilih
5	F	Samiran	993,59	973,10	20,49	419,88	2,11	Terpilih
		Pedemawu						
JUMLAH					132,71	4823,88		

Sumber : Hasil Perhitungan

4. Perhitungan Metode Collins

Metode Collins dipergunakan untuk menghitung hidrograf satuan pengamatan, dapat digunakan pada semua keadaan dan umumnya selalu dapat diselesaikan serta memberikan hasil terbaik dan wajar. Langkah perhitungannya sebagai berikut (Limantara, 2010: 185):

- Menentukan hidrograf limpasan langsung dengan cara memisahkan aliran dasar dari hidrograf pengamatan, salah satu cara yang dapat digunakan adalah *Straight Line Method*.
- Menentukan volume limpasan langsung akibat hujan 1 mm
 $V_{LL} = (69,764 \cdot 10^6 \text{ m}^2) \times 0,001 \text{ m} = 69,764 \text{ m}^3$
- Menghitung hujan jam-jaman.
- Menghitung ϕ () indeks dengan:
 $Q = \text{tinggi limpasan (mm)}$
 $P = \text{tinggi hujan (mm)}$
 $Q = (V_{LL} \cdot 3600)/A$
 $\phi = P - Q$
- Menentukan lebar dasar hidrograf
 $t_b = n - j + 1 = 10 - 2 + 1 = 11$
- Menentukan ordinat hidrograf awal (coba-coba 1)
 $U_{t \text{ awal}} = V_{LL} / (3600 \cdot t_b)$
- Menentukan hidrograf limpasan langsung yang diakibatkan oleh hujan efektif di DAS, kecuali untuk harga hujan efektif terbesar.
- Mencari selisih antara ordinat hidrograf limpasan langsung dengan hidrograf pengamatan.
- Mencari U_{t-1} (ordinat hidrograf ke-t percobaan ke-1).
- Mencari faktor perubahan (P)
- Mencari $U_{t-1 \text{ jus}}$ (U_{t-1} yang telah diperbaiki). Menghitung faktor F

$$F = \frac{Q}{R_u}$$

- Mengalikan $U_{t-1 \text{ jus}}$ dengan F.
- Menghitung U_{t-1*}

$$U_{t \text{ 1*}} = \frac{F \cdot U_{t \text{ 1 jus}} + U_{t \text{ awal}}}{1 + F}$$

- n. Menghitung U_{t-2} dengan persamaan:

$$U_{t-2} = \frac{A.3600 \cdot U_{t-1}}{U_{t-1}}$$

- o. Jika volume U_t awal belum sama dengan U_{t-2} , maka coba-coba dilakukan sampai mendapatkan hasil yang relatif sama.

Perhitungan selengkapnya disajikan pada Tabel 4.

5. Hidrograf Satuan Sintetis

Sebagai pembanding dengan kondisi eksisting, maka perhitungan debit untuk stasiun hasil rekomendasi dilakukan dengan menggunakan data dari tanggal yang sama dengan perhitungan metode Collins. Se-

belum dilakukan perhitungan hidrograf satuan sintetis, terlebih dahulu dihitung hujan netto.

Dengan menganggap bahwa proses transformasi hujan menjadi limpasan mengikuti proses linier dan tidak berubah oleh waktu, maka hujan netto (R_n) dapat dinyatakan (Hadisusanto, 2011: 32):

$$R_n = C \times R$$

dengan:

R_n = Hujan netto

C = koefisien limpasan

R = Intesitas curah hujan

Perhitungan hidrograf stasiun sebagaimana tercantum dalam Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 4. Perhitungan Metode Collins

Jam ke-	U _{t-2}	R _{eff} (mm)		Q limpasan model (Q)	Q limpasan pengamatan (R _u)	Q - R _u	U _{t-3}	P	U _{t-3} jus	U _t awal	U _{t-3} jus	F	F x U _{t-3} jus	U _{t-3} *	U _{t-4}
	m ³ /dt/mm	0,294	0,229	m ³ /dt	m ³ /dt	m ³ /dt	m ³ /dt/mm		m ³ /dt/mm	m ³ /dt/m m	m ³ /dt/mm	Σ(Q-R _u) / ΣR _u	m ³ /dt/mm	m ³ /dt/m m	m ³ /dt/mm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
0	0,000			0,000	0,000	0,000	0,000	0,521	0,000	0,000	0,000	0,711	0,000	0,000	0,000
1	1,053		0,000	0,000	0,050	0,050	0,170	0,521	0,089	1,053	0,089	0,711	0,063	0,652	0,673
2	1,036		0,241	0,241	0,430	0,189	0,644	0,521	0,335	1,036	0,335	0,711	0,238	0,745	0,769
3	1,088		0,237	0,237	0,500	0,263	0,895	0,521	0,466	1,088	0,466	0,711	0,331	0,830	0,856
4	1,340		0,249	0,249	0,840	0,591	2,011	0,521	1,048	1,340	1,048	0,711	0,745	1,218	1,257
5	1,702		0,306	0,306	1,330	1,024	3,483	0,521	1,814	1,702	1,814	0,711	1,290	1,749	1,804
6	2,346		0,369	0,369	2,200	1,811	6,161	0,521	3,209	2,346	3,209	0,711	2,281	2,705	2,790
7	2,760		0,536	0,536	2,760	2,224	7,565	0,521	3,941	2,760	3,941	0,711	2,802	3,251	3,354
8	3,019		0,631	0,631	3,110	2,479	8,434	0,521	4,394	3,019	4,394	0,711	3,123	3,590	3,704
9	2,531		0,690	0,690	2,450	1,760	5,987	0,521	3,119	2,531	3,119	0,711	2,217	2,775	2,863
10	1,392		0,579	0,579	0,910	0,331	1,127	0,521	0,587	1,392	0,587	0,711	0,417	1,057	1,091
11	0,094		0,318	0,318	0,530	0,212	0,721	0,521	0,375	0,094	0,375	0,711	0,267	0,211	0,218
12	0,000		0,022	0,022	0,270		0,000		0,000	0,000	0,000	0,711	0,000	0,000	0,000
Jumlah	18,362		4,198	4,198	15,380	10,933	37,197		19,378		Jumlah		13,775	18,784	19,378

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5. Hidrograf Satuan Sintetis Gama I (periode 10 tahunan)

t (jam)	Qt m^3/dt	R1 19,1097	R2 5,2117	R3 3,8219	R4 2,4321	R5 2,4321	R6 2,4321	Q (m^3/dt)
0	0,000	0,0000						0,000
1	6,780	129,5539	0,0000					136,333
2	13,559	259,1079	35,3329	0,0000				308,000
3	8,162	155,9775	70,6658	25,9108	0,0000			260,716
4	4,915	93,9167	42,5393	51,8216	18,4887	0,0000		209,681
5	2,959	56,5488	25,6136	31,1955	32,9774	16,4887	0,0000	165,783
6	1,782	34,0490	15,4224	18,7833	19,8517	32,9774	16,4887	139,354
7	1,073	20,5014	9,2861	11,3098	11,9530	19,8517	32,9774	106,952
8	0,646	12,3443	5,5913	6,8098	7,1971	11,9530	19,8517	64,393
9	0,389	7,4327	3,3666	4,1003	4,3335	7,1971	11,9530	38,772
10	0,234	4,4753	2,0271	2,4689	2,6093	4,3335	7,1971	23,345
			1,2205	1,4865	1,5711	2,6093	4,3335	11,221
				0,8951	0,9460	1,5711	2,6093	6,021
					0,5696	0,9460	1,5711	3,087
						0,5696	0,9460	1,516
							0,5696	0,570

Sumber: Hasil Perhitungan

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa data yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan Kagan Rodda diperoleh rekomendasi sebanyak 3 stasiun yang dipergunakan dalam DAS, sedangkan dengan metode Kriging diperoleh hasil 5 buah stasiun yang

terpilih dengan perletakan yang menyebar dalam DAS Samiran.

2. Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa kesalahan relatif untuk curah hujan rancangan metode Kagan Rodda antara 14,53% dan metode Kriging antara 13,96%.
3. Dari kedua poin diatas dapat disimpulkan bahwa kedua metode tersebut dapat diterapkan pada rasionalisasi penakar hujan di DAS Samiran.

Tabel 6. Hidrograf Satuan Sintetis Limantara (periode 10 tahunan)

Jam ke	HSS	Reff						Q total
	m ³ /dt/mm	19,110	5,212	3,822	2,432	2,432	2,432	m ³ /dt
1	2	3	4	5	6	7	8	8
0	0,00	0,00						0,00
1	0,97	18,58	0,00					18,58
2	2,09	40,02	5,07	0,00				45,09
3	3,28	62,69	10,91	3,72	0,00			77,32
4	7,46	142,49	17,10	8,00	2,36	0,00		169,95
5	4,98	95,23	38,86	12,54	5,09	2,36	0,00	154,09
6	3,33	63,65	25,97	28,50	7,98	5,09	2,36	131,19
7	2,23	42,54	17,36	19,05	18,13	7,98	5,09	105,06
8	1,49	28,43	11,60	12,73	12,12	18,13	7,98	83,02
9	0,99	19,00	7,75	8,51	8,10	12,12	18,13	55,48
10	0,66	12,70	5,18	5,69	5,41	8,10	12,12	37,08
			3,46	3,80	3,62	5,41	8,10	16,30
				2,54	2,42	3,62	5,41	8,58
					1,62	2,42	3,62	4,03
						1,62	2,42	1,62
							1,62	0,00

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 7. Perhitungan TP rerata dan QP rerata HSS Pengamatan

HSO	Waktu Puncak (Tp)	Debit Puncak (Qp)	Waktu Dasar (Tb)
HSO 1	6	4,40	11
HSO 2	7	4,05	12
HSO 3	8	2,51	11
HSO 4	9	5,15	11
HSO 5	9	5,23	12
Rerata	8	4,27	11

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 8. Koordinat HSS Pengamatan

No	T/Tp	Q/Qp	T Jam	Q m ³ /dt/th
0	0,00	0,00	0,00	0,00
1	0,13	0,21	0,98	0,88
2	0,21	0,20	1,67	0,84
3	0,30	0,21	2,34	0,90
4	0,39	0,24	3,06	1,04
5	0,54	0,35	4,25	1,51
6	0,70	0,49	5,43	2,10
7	0,85	0,66	6,62	2,82
8	1,00	1,00	7,80	4,27
9	1,15	0,51	8,98	2,17
10	1,30	0,28	10,17	1,21
11	1,46	0,18	11,35	0,75
12	1,68	0,17	13,10	0,74
13	1,92	0,14	14,95	0,58
14	2,20	0,09	17,16	0,40
15	0,00	0,00	0,00	0,00

Sumber: Hasil Perhitungan

- Kontrol ordinat untuk mendapatkan limpasan 1 mm dengan luasan DAS adalah 19,378 m³/dt/th dari metode Collins. Pada Hidrograf Gama I didapat rata-rata Waktu Puncak (Tp) pada jam ke 2, debit puncak (Qp) 300 m³/dt dengan waktu dasar 14 jam dan pada hidrograf Limantara di-

dapat rata-rata Waktu Puncak (Tp) pada jam ke 4, debit puncak (Qp) 170 m³/dt dengan waktu dasar 14 jam Sedangkan perhitungan dari Hidrograf Satuan Obsrvasi (HSO) didapat Waktu Puncak (Tp) pada jam ke 8, debit puncak (Qp) 4,27 m³/dt dengan waktu dasar 11 jam

- Dari poin 4 yang HSS yang mendekati HSO adalah HSS Limantara

SARAN

Dari hasil analisa yang telah dilakukan terdapat beberapa saran yang bertujuan sebagai rekomendasi antara lain:

- Perlu tidaknya penambahan maupun pengurangan stasiun hujan sangat tergantung dari keputusan pengambil kebijakan karena selama ini data hujan yang merupakan data dasar untuk perencanaan selanjutnya di bidang pengairan, pertanian dan lain-lain masih “dianggap tidak penting”. Adanya penelitian ini memberikan “urun rembug” tentang pentingnya stasiun hujan
- Meskipun Metode Kagan Rodda dan Kriging layak untuk dipergunakan dalam merencanakan penempatan stasiun hujan. Tetapi apabila pertimbangan utama dalam penentuan penempatan stasiun penakar hujan adalah faktor keamanan dan kemudahan dalam pengoperasian stasiun, maka sebaiknya dipergunakan Metode Kriging sebab penempatan posisi stasiun hujan memperhitungkan jaringan transportasi yang sudah ada. Hal ini bertujuan untuk mempermudah operasi dan pemeliharaan stasiun hujan terpasang.
- Dari perbandingan HSS yang ada penggunaan di lapangan masih memerlukan kajian lebih mendalam mengingat keterbatasan data yang ada, peralatan yang masih kurang mendukung, namun

Tabel 9. Perbandingan Kagan-Rodda dengan Kriging

Metode	Kagan-Rodda	Kriging
Kelebihan	Relatif sederhana dalam analisa perhitungan Tidak ada jumlah minimal stasiun hujan yang dapat dianalisa	Penempatan stasiun dapat memperhatikan kondisi sosial, kemudahan akses dan keamanan Dalam penerapannya lebih mudah untuk diukur Lebih murah dalam pelaksanaan
Kekurangan	Tidak memperhatikan kondisi sosial, kemudahan akses dan keamanan Dalam kondisi ideal dapat merubah perletakan stasiun eksisting Lebih mahal dalam pelaksanaan	Jumlah stasiun hujan yang dapat dianalisa dalam DAS minimal 10 buah Analisa data relatif lebih rumit Harus banyak melakukan simulasi guna memperoleh letak yang ideal

penelitian HSS lokal yang dikonversi dengan karakteristik yang ada layak untuk terus dilakukan

DAFTAR PUSTAKA

- Hadisusanto, N. 2011. *Aplikasi Hidrologi*. Yogyakarta: Jogja Mediautama.
- Harto, B.S. 1986. *Optimasi Kerapatan Jaringan Stasiun Jaringan Hidrologi*. Yogyakarta: PAU Ilmu Teknik UGM.
- Harto, B.S. 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Linsley, J.R.K., Max, A.K., Joseph, L., H. Paulhus. 1989. *Hidrologi untuk Insinyur*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Limantara, L.M. 2010. *Hidrologi Praktis*. Bandung: Lubuk Agung.
- Prasetijo, H., Montarich, L., Prasetyorini, L. 2011. *Analysis of Average Rainfall Using Kagan-Rodda*. Journal of Applied Sciences Research, 7(3): 309-313
- Soewarno. 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode, Statistik untuk Analisa Data Jilid I dan 2*. Bandung: NOVA
- Sosrodarsono, S., Takeda, K. 1999. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramita.