

RASIONALISASI JARINGAN POS STASIUN HUJAN PADA DAS KEMUNING KABUPATEN SAMPANG MENGGUNAKAN METODE KAGAN-RODDA DAN KRIGING DENGAN MEMPERTIMBANGKAN ASPEK TOPOGRAFI

Shabrina Arifah¹⁾, Ery Suhartanto²⁾, Dian Chandrasasi²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Sarjana Teknik Pengairan Universitas Brawijaya

²⁾Dosen Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Teknik Pengairan Universitas Brawijaya-Malang, Jawa Timur, Indonesia
Jalan MT. Haryono 167 Malang 65145, Indonesia
e-mail: shabrina.c9@gmail.com

ABSTRAK: Dalam kegiatan analisis hidrologi dibutuhkan data hujan yang akurat. Mengingat pentingnya informasi data hujan maka diperlukan kajian rasionalisasi atau perencanaan jaringan stasiun hujan yang efektif dan efisien. Rasionalisasi dilakukan menggunakan metode *Kagan-Rodda* dan *Kriging* dalam menentukan jumlah stasiun hujan dan pola sebaran stasiun hujan dengan melihat keterkaitan antar jaringan stasiun hujan terhadap faktor topografi. Hasil analisa rasionalisasi berdasarkan standar WMO, DAS Kemuning dengan luas 344,23 km harus memiliki setidaknya 3 stasiun hujan. Sedangkan hasil dari metode *Kagan-Rodda* berdasarkan data curah hujan kumulatif tahunan dari metode *Polygon Thiessen* dan jaring-jaring *Kagan-Rodda* didapatkan 4 stasiun hujan. Dan berdasarkan metode *Kriging* dalam aplikasi GIS didapatkan 5 stasiun hujan. Untuk hasil metode *Kagan-Rodda*, faktor topografi (jarak, elevasi, dan *slope*) yang memiliki hubungan antar parameter topografi cukup kuat yaitu jarak dan elevasi dengan nilai R sebesar 0,416. Sedangkan untuk hubungan topografi berdasarkan curah hujan dengan parameter topografi yaitu *slope* memiliki hubungan yang cukup kuat dengan nilai R sebesar 0,591. Untuk hasil metode *Kriging* memiliki hubungan topografi yang cukup kuat antar parameter topografi yaitu parameter elevasi dan jarak dengan nilai R sebesar 0,701 dan untuk hubungan topografi berdasarkan curah hujan dengan parameter topografi yaitu *slope* memiliki hubungan yang cukup kuat dengan nilai R sebesar 0,648.

Kata kunci: Rasionalisasi, standar WMO, *Kagan-Rodda*, *Kriging*, Faktor topografi.

ABSTRACT: In the hydrological analysis activities accurate rainfall data was required. Considering the importance of rainfall information, it was necessary to rationalize or plan an effective and efficient network of rainfall stations. Rationalization was used *Kagan-Rodda* and *Kriging* method in determining the number of rain stations and the pattern of the distribution of rain stations by looking at the relationship between the rain station network to the topography factor. The result of rationalization analysis based on WMO standard, DAS Kemuning with 344,23 km area must have at least 3 rain stations. While the result of *Kagan-Rodda* method based on annual cumulative rainfall data from *Polygon Thiessen* method and *Kagan-Rodda* nets obtained 4 rain stations, and based on *Kriging* method in GIS application got 5 rain station. For the results of *Kagan-Rodda* method, topography (distance, elevation, and *slope*) factors that have strong relation between topographic parameters were distance and elevation with R value 0,416. As for the topographical relationships based on rainfall with the topography parameters, *slope* had strong relation with value R equal to 0,591. For the results of *Kriging* method had a fairly strong topographic relationship between the topographic parameters of elevation and distance parameters with R values of 0,701 and for topographic relations based on rainfall with topographic parameters that *slope* had a strong enough relationship with R value of 0,648.

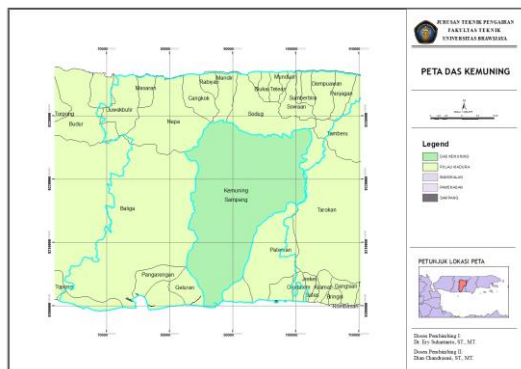
Key words: Rationalization, WMO standards, *Kagan-Rodda*, *Kriging*, Topography Factor.

PENDAHULUAN

Dalam kegiatan analisis hidrologi, dibutuhkan data hidrologi seperti data curah hujan, debit air, data iklim dan lain sebagainya. Data dasar hidrologi tersebut sangat penting sebagai masukan dalam perhitungan informasi hidrologi siap pakai bagi suatu pengembangan, penelitian dan pengolahan sumber daya air. Kesalahan dalam pengambilan atau penentuan data hidrologi pada suatu daerah akan menghasilkan data siap pakai yang tidak benar dan menyebabkan hasil penelitian atau perencanaan menjadi tidak efektif dan efisien.

Data hidrologi dapat didapat atau dipantau melalui berbagai pos hidrologi yang tersedia di beberapa daerah dalam suatu wilayah, namun belum tentu data yang diperoleh atau yang dihasilkan selalu akurat. Keakuratan data dalam hidrologi dapat dilihat dari kerapatan pos hidrologi satu dengan yang lain, semakin rapat pos hidrologi maka data yang diperoleh akan semakin akurat. Mengingat pentingnya informasi data mengenai besarnya curah hujan maupun debit yang bergantung pada infrastruktur pengairan, terutama stasiun hujan maka diperlukan kajian rasionalisasi atau perencanaan jaringan stasiun hujan yang efektif dan efisien.

BAHAN DAN METODE



Gambar. 1. Peta Lokasi Studi
 Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Dalam studi ini lokasi penelitian terletak di DAS Kemuning Kabupaten Sampang dengan luas 344,22 km² (pada Gambar 1).

Data Pendukung Studi

1. Peta Daerah Aliran Sungai (DAS) dan jaringan DAS Kemuning

2. Peta Administrasi wilayah Kabupaten Sampang
3. Data stasiun hujan yaitu lokasi administratif, elevasi dan koordinat stasiun hujan
4. Data curah hujan harian dari 7 pos stasiun hujan (Robatal, Karang penang, Kedungdung, Omben, Sampang, Camplong) selama 11 tahun (2006 - 2016)

Langkah – Langkah Pengerjaan Studi

1. Pengumpulan data
2. Analisa hidrologi dengan menguji kualitas dan kebenaran data
3. Analisa curah hujan rerata daerah (Poligon Thiessen)
4. Analisa kerapatan jaringan stasiun hujan menurut standart WMO
5. Rasionalisasi jaringan stasiun hujan dengan metode *Kagan-Rodda*
6. Rasionalisasi jaringan stasiun hujan dengan metode *Kriging*
7. Melihat hubungan hubungan jaringan stasiun hujan terhadap faktor topografi

Standart WMO

Pada umumnya daerah hujan yang terjadi lebih luas dibandingkan dengan daerah hujan yang diwakili oleh stasiun penakar hujan atau sebaliknya, maka dengan memperhatikan pertimbangan ekonomi, topografi dan lain-lain harus ditempatkan stasiun hujan dengan kerapatan optimal yang dapat memberikan data yang baik untuk analisis selanjutnya. Untuk tujuan ini, Badan Meteorologi Dunia atau WMO (*World Meteorological Organization*) menyarankan kerapatan minimum jaringan stasiun hujan sebagai berikut (Linsley, 1986:67)

Tabel 1. Kerapatan Minimum yang Direkomendasikan WMO

No.	Tipe	Luas Daerah (km ²) per Satu Pos	
		Kondisi Normal	Kondisi Sulit
1	Daerah dataran tropis mediteran dan sedang	1000 – 2500 (600 – 900)	3000 – 9000
2	Daerah pegunungan tropis mediteran dan sedang	300 – 1000 (100 – 250)	1000 – 5000
3	Daerah kepulauan kecil bergunung dengan curah hujan bervariasi	140 – 300 (25)	
4	Daerah arid dan kutub	5000 – 20000 (1500 – 10000)	

Sumber: Linsley, 1986

Metode Kagan-Rodda

Dari beberapa cara penetapan jaringan pos hujan yang ada, terdapat cara yang relatif

sederhana dalam pemakaian, baik dalam pengertian yang dibutuhkan maupun prosedur hitungannya. Keuntungan cara ini adalah selain jumlah stasiun yang dibutuhkan dengan tingkat ketelitian tertentu dapat ditetapkan, akan tetapi juga sekaligus cara yang dapat memberikan pola penempatan stasiun hujan dengan jelas (PU Pengairan, 2014:22)

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Kagan (1972) untuk daerah tropis yang hujannya bersifat setempat dengan luas penyebarannya yang sangat terbatas mempunyai variasi ruang untuk hujan dengan periode tertentu adalah sangat tidak menentu meskipun sebenarnya menunjukkan suatu hubungan sampai tingkat tertentu (Harto,1986:22)

Pada dasarnya cara ini mempergunakan analisis relative yang mengaitkan kerapatan jaringan stasiun hujan dengan kesalahan interpolasi dan kesalahan perataan (*Interpolation error and averaging error*). Persamaan-persamaan yang dipergunakan untuk analisis jaringan Kagan-Rodda adalah sebagai berikut (Harto,1993:31) :

$$r_{(d)} = r_{(0)} \cdot e^{\left(\frac{-d}{d_0}\right)} \dots\dots\dots (1)$$

$$Z_1 = C_v \cdot \sqrt{\frac{1 - r_{(0)} + \left(\frac{0.23\sqrt{A}}{d(0)\sqrt{n}}\right)}{n}} \dots\dots\dots (2)$$

$$Z_3 = C_v \cdot \sqrt{\frac{\frac{1}{3}(1 - r_{(0)}) + \frac{0.52 \cdot r_{(0)} \sqrt{\frac{A}{n}}}{d_{(0)}}}{n}} \dots\dots\dots (3)$$

$$L = 1.07 \cdot \sqrt{\frac{A}{n}} \dots\dots\dots (4)$$

Berdasarkan persamaan (3), persyaratan nilai Z_1 yang diizinkan untuk kesalahan tidak boleh melebihi 10%. Pembentukan kesalahan yang diizinkan dilakukan dalam keadaan tertentu dan sewenang-wenang, meskipun dengan tidak adanya kriteria ekonomi yang ketat, hal itu dapat dibenarkan. Harus diingat bahwa Z_1 adalah deviasi rata-rata dalam kasus tertentu, kesalahan kedua kali dan ketiga kali lebih

besar dari Z_1 adalah hal yang mungkin terjadi. (Kagan dalam WMO 324, 1972: III)

Metode Kriging

Metode *Kriging* merupakan cara perkiraan yang dikembangkan oleh Matheron (1965) yang pada dasarnya ditekankan bahwa interpolasi dari satu titik terukur ke titik lain dalam suatu region (DAS) tidak hanya ditentukan oleh jarak antar titik terukur tersebut dengan titik yang dicari, akan tetapi ditentukan oleh tiga faktor, yaitu (Harto, 1993:63): Jarak antara titik yang dicari dengan titik terukur, Jarak antara titik-titik terukur, Struktur variabel yang dimaksudkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Kualitas Data

Berdasarkan hasil dari pengujian kualitas data yang telah dilakukan, data curah hujan tahunan kumulatif memiliki kualitas data yang paling baik. Sehingga data yang digunakan untuk analisa selanjutnya menggunakan data curah hujan tahunan kumulatif

Analisa Curah Hujan Rerata Daerah

Perhitungan curah hujan rerata daerah dilakukan menggunakan metode Poligon *Thiessen*. Berikut merupakan hasil dari perhitungan curah hujan rerata daerah:

Tabel 2. Faktor Koreksi Luas Pengaruh Poligon Thiessen

No	Stasiun Hujan	Luas (km ²)	Fk	%
1	Robatal	97.08	0.282	28.202
2	Karang Penang	76.86	0.223	22.328
3	Omben	58.66	0.170	17.041
4	Kedungdung	61.35	0.178	17.822
5	Sampang	45.2	0.131	13.131
6	Camplong	5.08	0.015	1.476
Total		344.23	1	100

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Analisa Standar WMO (World Meteorological Organization)

Analisa WMO dilakukan guna untuk mengetahui kondisi penyebaran stasiun hujan eksisting yang ada pada DAS Kemuning.

Berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh WMO , DAS Kemuning yang merupakan daerah tropis dengan ketentuan 100 – 250 km²/stasiun, dengan luas 344,23 km² hanya membutuhkan 3 stasiun

hujan. Luas daerah pengaruh didasarkan pada luasan daerah pengaruh pada masing-masing stasiun hujan dengan menggunakan *Polygon Thiessen*.

Tabel 3. Analisa Standar WMO

No	Nama	Luas Km ²	Prosentase %	Luas Daerah Per Stasiun Hujan (Km ³)		
				Kondisi Ideal 100-250	Kondisi Normal 300-1000	Kondisi Sulit 1000-5000
1	Robatal	97.08	28.202	-	-	-
2	Karang Penang	76.86	22.328	-	-	-
3	Omben	58.66	17.041	-	-	-
4	Kedungdung	61.35	17.822	-	-	-
5	Sampang	45.2	13.131	-	-	-
6	Camplong	5.08	1.476	-	-	-
Total		344.23	100			

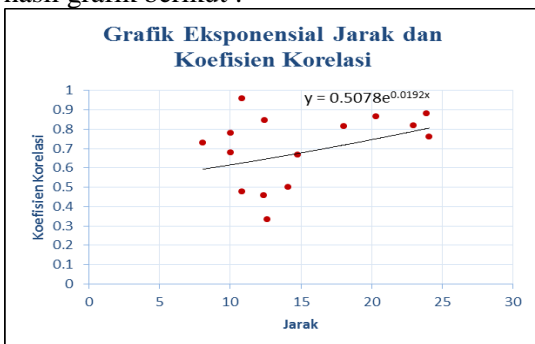
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Dari hasil analisa, diketahui 6 stasiun hujan yang ada di DAS Kemuning memenuhi kondisi sangat ideal dilihat dari luas daerah pengaruhnya. Selanjutnya, hasil dari analisa dengan standar WMO ini akan digunakan sebagai acuan dalam analisa kerapatan stasiun hujan berdasarkan metode *Kagan-Rodda*.

Rasionalisasi Jaringan Stasiun Hujan dengan Metode *Kagan-Rodda*

Penetapan jaringan stasiun hujan tidak hanya terbatas pada penentuan jumlah stasiun yang dibutuhkan dalam suatu DAS, namun juga tempat dan pola penyebarannya. Dalam metode *Kagan-Rodda* sendiri pada dasarnya cara ini mempergunakan analisis relative yang mengaitkan kerapatan jaringan stasiun hujan dengan kesalahan interpolasi (Z_3) dan kesalahan perataan (Z_1).

Dari data curah hujan rerata dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai koefisien variasi yaitu 0,187. Dan perhitungan nilai koefisien korelasi antar stasiun hujan untuk mendapatkan nilai $r_{(0)} = 0,508$ dan $d_{(0)} = 52,083$ km yang didapat dari hasil grafik berikut :



Gambar. 2. Hubungan Korelasi dan Jarak Antar Stasiun Hujan

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Kemudian dimasukkan dalam perhitungan dan ditentukan besarnya jumlah stasiun yang dibutuhkan untuk tingkat kesalahan perataan (Z_1) dan kesalahan interpolasi (Z_3), dan didapatkan jumlah stasiun menurut *Kagan-Rodda* sebanyak 4 stasiun.

Tabel 4. Kesalahan Perataan (Z_1) dan Kesalahan Interpolasi (Z_3)

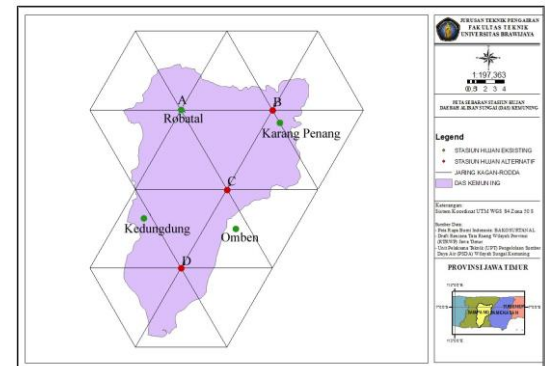
n	Cv	r(0)	A (km2)	d0	A^0,5	N^0,5	(A/N)^0,5	Z1 (%)	Z3 (%)
1	0.187	0.508	344.230	52.083	18.553	1.000	18.553	14.177	9.506
2	0.187	0.508	344.230	52.083	18.553	1.414	13.119	9.813	8.985
3	0.187	0.508	344.230	52.083	18.553	1.732	10.712	7.935	8.743
4	0.187	0.508	344.230	52.083	18.553	2.000	9.277	6.831	8.597
5	0.187	0.508	344.230	52.083	18.553	2.236	8.297	6.085	8.495
6	0.187	0.508	344.230	52.083	18.553	2.449	7.574	5.538	8.419

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai panjang sisi-sisi segitiga jaring-jaring *Kagan-Rodda*.

$$L = 1,07 \sqrt{\frac{A}{n}} \dots\dots\dots (4)$$

Dengan panjang sisi jaring-jaring segitiga yang didapat yaitu 9,926 km, maka dapat digambarkan jaring stasiun hujan *Kagan-Rodda* dengan stasiun hujan Robatal sebagai titik acuan.



Gambar. 3. Peta Jaringan Stasiun Hujan *Kagan-Rodda*

Sumber: Hasil Penggambaran, 2018

Modifikasi L *Kagan-Rodda*

Rumus modifikasi *Kagan-Rodda* didapatkan dengan mencari koefisien baru dengan cara sebagai berikut :

$$L_{Kagan} = K \times L_{Asli}$$

$$9,926 = K \times 12,972$$

$$K = 0,765$$

$$\text{Koefisien baru} = 0,765 \times 1,07 = 0,818$$

Rumus Modifikasi :

$$L = 0,8187 \sqrt{\frac{A}{n}} \dots\dots\dots (6)$$

$$= 0,8187 \times (344,230/4)^{0,5}$$

$$= 7,59492 \text{ km}$$

Evaluasi Stasiun Hujan Kagan-Rodda

Tabel 5. Evaluasi Pola Sebaran Stasiun Hujan Rekomendasi Kagan-Rodda Berdasarkan $r_{(d)}$

No	Stasiun Hujan	Terdekat dengan Titik simpul	Jarak dari titik simpul (d) (Km)	r (0)	r(d)	KR (%)	Keterangan
1	Robatal	Stasiun A	0	0.5078	0	0.00%	Terpilih
2	Karang Penang	Stasiun B	1.6672	0.5078	0.524318	3.25%	Terpilih
3	Kedungdung	Stasiun C	4.3504	0.5078	0.552037	8.71%	Terpilih
4	Omben	Stasiun D	6.7715	0.5078	0.578304	13.88%	Terpilih

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Dari hasil evaluasi Tabel 5, stasiun hujan eksisting pilihan Kagan-Rodda mempunyai koefisien korelasi ($r_{(d)}$) yang mendekati koefisien korelasi untuk jarak stasiun 0 m ($r_{(0)}$) dengan kesalahan relatif < 10 %.

Tabel 6. Evaluasi Pola Sebaran Stasiun Hujan Eksisting Terpilih Kagan-Rodda Berdasarkan Jarak Antar Stasiun

No	Stasiun Acuan	Stasiun sekitar	L Asli (Km)	L Kagan-Rodda Modifikasi (Km)	KR (%)
	Robatal	Karang Penang	10.839	7.59492	42.71%
	Robatal	Kedungdung	12.447	7.59492	63.89%
	Robatal	Omben	14.133	7.59492	86.08%
	Karang Penang	Kedungdung	18.033	7.59492	137.44%
	Karang Penang	Omben	12.357	7.59492	62.70%
	Kedungdung	Omben	10.027	7.59492	32.02%
Rata-rata L Asli			12.97266667		
Rata-rata KR			70.81%		

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Dengan nilai rata-rata KR 70,81% > 10% maka stasiun hujan eksisting di DAS Kemuning memang perlu dilakukan pergeseran sesuai metode Kagan-Rodda agar sebaran stasiun hujan merata.

Rasionalisasi Jaringan Stasiun Hujan dengan Metode Kriging

Kriging adalah metode geostatika yang menggunakan nilai yang sudah diketahui dan

semivariogram untuk memprediksi nilai pada lokasi lain yang belum diukur, ditentukan oleh tiga faktor yaitu jarak antara titik yang dicari dengan terukur, jarak antar titik terukur, dan struktur variabel.

Dalam perencanaan jaringan stasiun hujan dengan metode Kriging didasarkan pada curah hujan kumulatif tahunan yang telah dirata-rata. Kemudian dilakukan permodelan semivariogram (Spherical, Exponential, Gaussian) dimana model semivariogram terpilih akan digunakan untuk membuat peta kontur galat baku pos hujan eksisting dengan menggunakan ArcGIS 10 seperti pada Gambar 4. Untuk mengetahui model semivariogram yang terbaik, maka dilakukan Cross Validation dengan melakukan prediksi interpolasi Kriging untuk setiap model semivariogram.

Dalam studi ini rasionalisasi metode Kriging menggunakan 3 rekomendasi. Rekomendasi I berjumlah 4 stasiun hujan, rekomendasi II berjumlah 5 stasiun hujan dan rekomendasi III berjumlah 4 stasiun hujan. Kemudian dilakukan tahapan yang sama dengan eksisting. Apabila nilai RMSE dan MAE pos hujan rekomendasi lebih kecil dari pos hujan eksisting, maka pos hujan rekomendasi Kriging dapat diterima dan diterapkan pada lokasi studi. Setelah didapat nilai RMSE dan MAE Spherical sebagai nilai terkecil, selanjutnya digunakan untuk membuat peta galat baku pos hujan rekomendasi seperti pada Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7.

Tabel 7. Perbandingan Hasil Cross Validation Ketiga Model Semivariogram Stasiun Hujan Eksisting

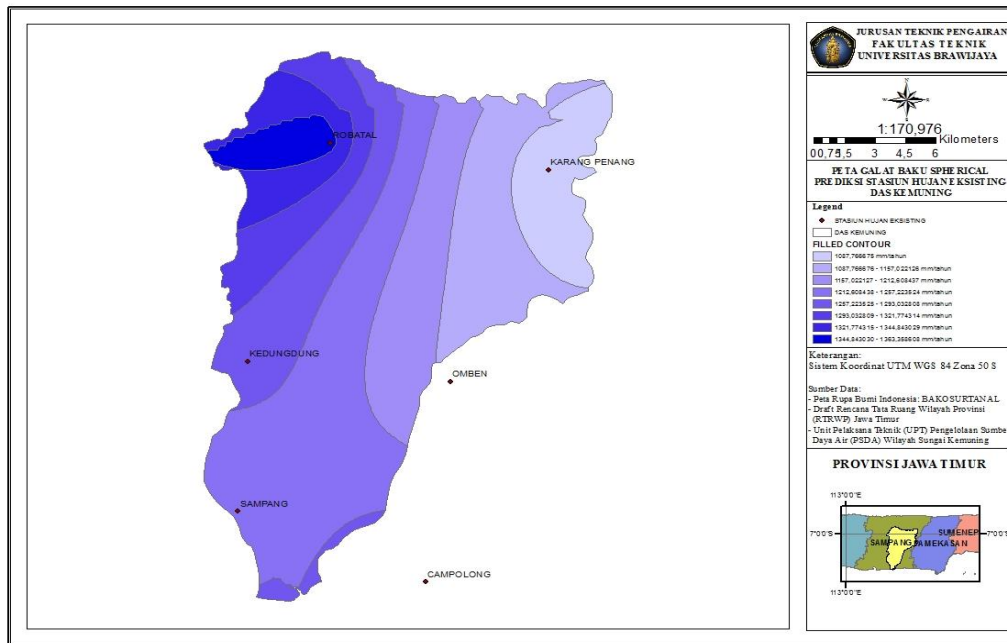
Model Variogram	RMSE	MAE
Spherical	142.9	127.3
Exponential	141.491	126.526
Gaussian	143.5	127.6

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

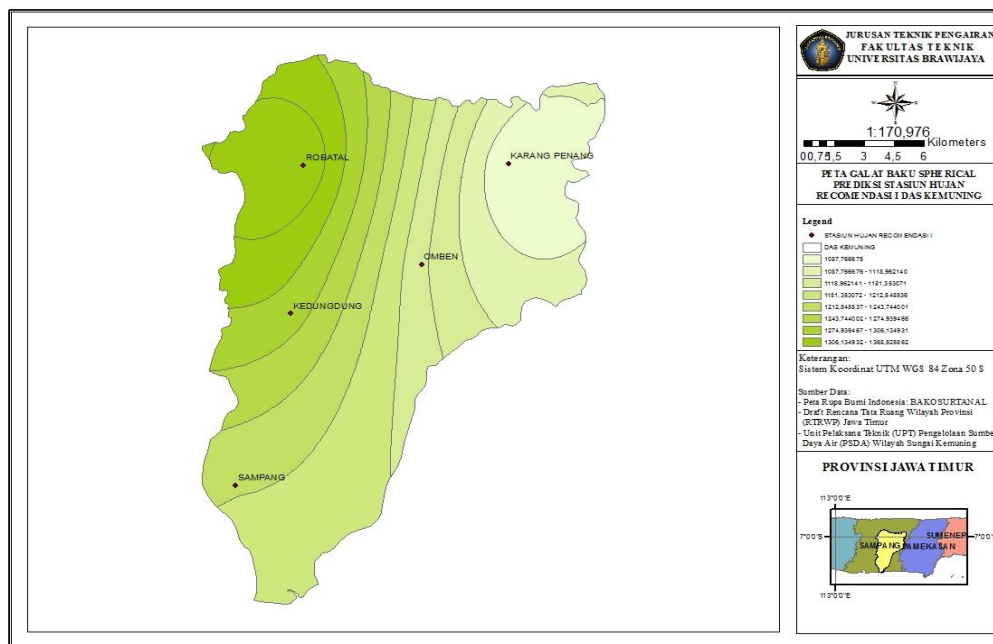
Tabel 8. Perbandingan Nilai RMSE dan MAE Stasiun Hujan Eksisting dan Stasiun Hujan Rekomendasi.

Model Semivariogram	RMSE				MAE			
	Eksisting	Rekomendasi I	Rekomendasi II	Rekomendasi III	Eksisting	Rekomendasi I	Rekomendasi II	Rekomendasi III
<i>Spherical</i>	142.91	101.32	95.78	112.22	127.32	88.73	73.89	86.31
<i>Exponential</i>	141.49	102.85	507.80	116.75	126.53	80.94	495.83	88.73
<i>Gaussian</i>	143.51	139.31	509.54	138.98	127.59	138.69	496.60	134.18

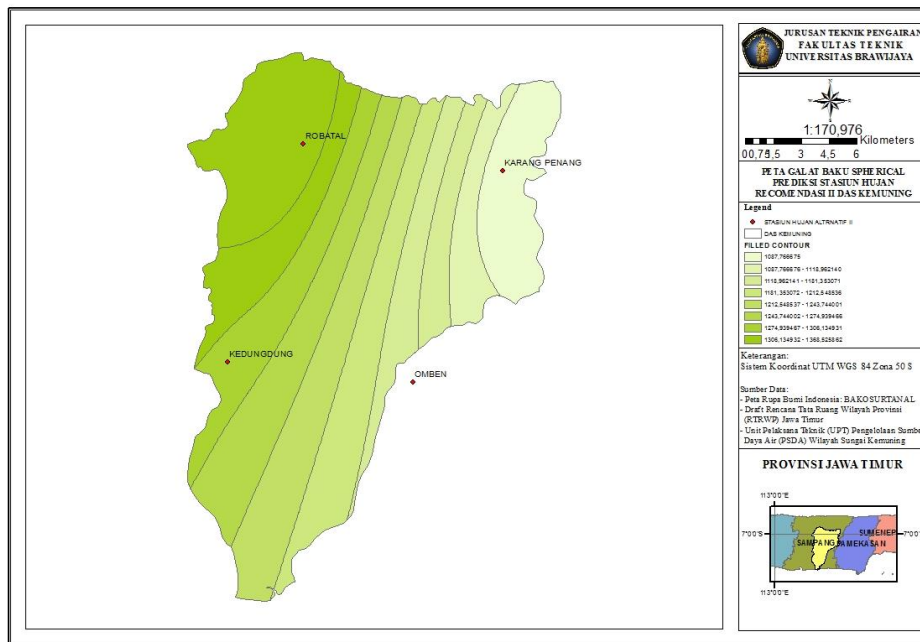
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



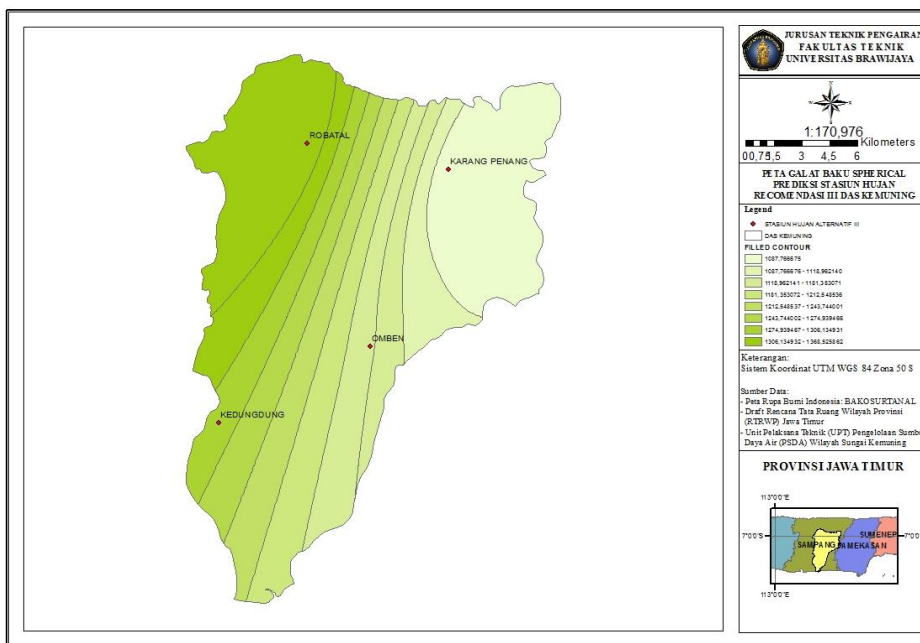
Gambar. 4. Peta Galat Baku Prediksi Stasiun Hujan Eksisting dengan Aplikasi ArcGIS 10.2
Sumber: Hasil Penggambaran, 2018.



Gambar. 5. Peta Galat Baku Prediksi Stasiun Hujan Rekomendasi I
Sumber: Hasil Penggambaran, 2018.



Gambar. 6. Peta Galat Baku Prediksi Stasiun Hujan Rekomendasi II
 Sumber: Hasil Penggambaran, 2018.



Gambar. 6. Peta Galat Baku Prediksi Stasiun Hujan Rekomendasi III
 Sumber: Hasil Penggambaran, 2018.

Evaluasi Stasiun Hujan Metode Kriging

Untuk memperoleh keyakinan bahwa pos-pos yang dipilih dari hasil evaluasi berdasarkan analisa jaringan *Kriging* cukup mewakili dari jumlah pos hujan yang tersedia, maka dihitung Kesalahan Relatif. Hasil perhitungan kesalahan relatif dapat dilihat pada Tabel 8, Tabel 9, Tabel 10. Berdasarkan perhitungan, rekomendasi II memiliki kesalahan relatif paling rendah

dibandingkan rekomendasi yang lain dengan besar rata-rata kesalahan relatif 5,98%. Sehingga rekomendasi stasiun hujan yang dipilih atau direkomendasikan dalam studi ini adalah stasiun hujan rekomendasi II.

Tabel 9. Perhitungan Kesalahan Relatif Stasiun Hujan Rekomendasi I

No	Nama Stasiun Hujan	Curah Hujan Sebenarnya (mm/tahun)	Curah Hujan Prediksi (mm/tahun)	KR (%)
1	Kedungdung	1321.3	1360.8493	3.00%
2	Omben	1187.6	1147.2191	3.40%
3	Robatal	1399.7	1268.0543	9.41%
4	Karang Penang	1087.8	1231.0535	13.17%
Rata-rata KR				7.24%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 10. Perhitungan Kesalahan Relatif Stasiun Hujan Rekomendasi II

No	Nama Stasiun Hujan	Curah Hujan Sebenarnya (mm/tahun)	Curah Hujan Prediksi (mm/tahun)	KR (%)
1	Kedungdung	1321.3	1299.9	1.61%
2	Omben	1187.6	1210.0	1.89%
3	Robatal	1399.7	1243.5	11.16%
4	Sampang	1246.7	1276.0	2.35%
5	Karang Penang	1087.8	1228.0	12.89%
Rata-rata KR				5.98%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 11. Perhitungan Kesalahan Relatif Stasiun Hujan Rekomendasi III

No	Nama Stasiun Hujan	Curah Hujan Sebenarnya (mm/tahun)	Curah Hujan Prediksi (mm/tahun)	KR (%)
1	Kedungdung	1321.3	1327.7	0.48%
2	Omben	1187.6	1163.8	2.01%
3	Robatal	1399.7	1233.8	11.85%
4	Karang Penang	1087.8	1236.9	13.71%
Rata-rata KR				7.01%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 12. Rekapitulasi Kesalahan Relatif Stasiun Hujan Rekomendasi Kriging

Stasiun Hujan Rekomendasi	Rata-rata KR
I	7,24%
II	5,98%
III	7,01%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Hubungan Jaringan Stasiun Hujan terhadap Faktor Topografi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya keterkaitan antara jaringan stasiun hujan dengan faktor topografi yaitu, elevasi, jarak, dan *slope* maka dilakukan analisa regresi. Keterkaitan yang dimaksud adalah hubungan antar faktor topografi terhadap parameter-parameter topografi, serta hubungan topografi terhadap curah hujan. Dari hasil analisa yang dilakukan, diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2) dari setiap hubungan beserta hasil uji asumsi klasik yang dilakukan dengan bantuan aplikasi SPSS 21.0

untuk mengetahui kelayakan model regresi linier hasil analisa. Berikut adalah rekapitulasi hubungan antar parameter topografi pada keseluruhan metode :

Tabel 13. Rekapitulasi Hasil Uji Asumsi Klasik pada Seluruh Metode

Variabel Independent	R ²	R	Normalitas	Autokorelasi	Heteroskedastisitas
Eksisting terpilih Kagan-Rodda terhadap jarak					
Elevasi	0,173	0,416	√	√	√
Slope	0,128	0,358	√	√	√
Kagan-Rodda terhadap Curah Hujan					
Jarak	0,041	0,202	√	√	√
Elevasi	0,294	0,542	√	√	√
Slope	0,350	0,591	√	√	√
Kriging Rekomendasi II terhadap jarak					
Elevasi	0,492	0,701	√	√	√
Slope	0,277	0,526	√	√	√
Kriging Rekomendasi II terhadap Curah Hujan					
Jarak	0,254	0,504	√	√	√
Elevasi	0,003	0,057	√	√	√
Slope	0,420	0,648	√	√	√

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Untuk hasil metode *Kagan-Rodda*, faktor topografi (jarak, elevasi, dan *slope*) yang memiliki hubungan antar parameter topografi cukup kuat yaitu jarak dan elevasi dengan nilai R sebesar 0,416. Sedangkan untuk hubungan topografi berdasarkan curah hujan dengan parameter topografi yaitu *slope* memiliki hubungan yang cukup kuat dengan nilai R sebesar 0,591. Dan untuk hasil metode *Kriging* memiliki hubungan topografi yang cukup kuat antar parameter topografi yaitu parameter elevasi dan jarak dengan nilai R sebesar 0,701 dan untuk hubungan topografi berdasarkan curah hujan dengan parameter topografi yaitu *slope* memiliki hubungan yang cukup kuat dengan nilai R sebesar 0,648. Dari hasil perbandingan kedua metode rasionalisasi didapatkan metode *Kriging* Rekomendasi II dengan kerapatan yang paling optimal dan memiliki hubungan yang cukup kuat antar parameter topografi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil perhitungan studi ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. DAS Kemuning dengan luas DAS adalah 344,23 km² memiliki kondisi kerapatan yang berlebihan untuk setiap stasiun hujan. Namun untuk jumlah stasiun hujan yang disarankan hanya 3 stasiun hujan terpilih dari 6 stasiun hujan.

2. Hasil metode Kagan – Rodda, diperoleh 4 stasiun hujan yang terpilih berdasarkan pembuatan jaring-jaring Kagan–Rodda dan memiliki keandalan data yang baik.
3. Hasil metode *Kriging*, penentuan letak stasiun hujan baru analisa metode *Kriging* ini menggunakan 3 rekomendasi. Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa nilai RMSE pos hujan rekomendasi II lebih kecil daripada pos hujan eksisting yaitu dengan nilai RMSE 95,78 (pada metode *Spherical*) serta nilai MAE 73,89 (pada metode *Spherical*)
4. Dalam aspek topografi metode *Kriging* Rekomendasi II didapatkan hasil kerapatan yang paling optimal dan memiliki hubungan yang cukup kuat antar parameter topografi dan curah hujan.

Saran

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

1. Hasil rasionalisasi jaringan stasiun hujan perlu ditindaklanjuti dengan peningkatan fungsi stasiun hujan yang sudah ada dan reposisi stasiun sesuai lokasi yang telah ditentukan.
 2. Penelitian mengenai penempatan stasiun hujan perlu dilakukan lebih mendalam. Metode-metode lain untuk mengevaluasi stasiun sebaiknya dikembangkan terutama untuk daerah yang memiliki topografi cukup beragam.
 3. Diharapkan untuk studi selanjutnya lebih banyak mempertimbangkan faktor lain dalam menentukan pola sebaran stasiun hujan dan metode analisa
- evaluasi stasiun hujan semakin diperbanyak agar dalam peletakkannya stasiun hujan dapat berfungsi secara optimal serta semakin baik lagi dalam penyempurnaannya.
4. Hubungan aspek topografi terhadap curah hujan pada studi ini masih bersifat hipotetik dan empiris untuk wilayah DAS yang dikaji, sehingga perlu mendapatkan banyak sekali perbandingan dari DAS lain agar menguatkan argumentasi yang dimiliki.

DAFTAR PUSTAKA

- Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. 2015. *Panduan Penulisan Skripsi*. Malang: Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
- Harto Br, Sri. 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Harto Br, Sri. 1986. *Analisis Hidrologi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Kementerian PU Pengairan. *Pedoman Rasionalisasi Pos Hidrologi dengan Metode Stepwise, Analisa Bobot, Kriging, Kagan dan Analisa Regional*. 2014. Kementerian PU Pengairan. Jakarta.
- Linsley, RK, Kohler, M.A dan Paulhus. 1986. *Hidrologi Untuk Insinyur* (Terjemahan). Jakarta: Erlangga. Juli 1998.
- World Meteorological Organization. 1981. *Guide to Hydrological Practices*, 4th edition. WMO no 168. Genewa Switzerland