

RASIONALISASI JARINGAN STASIUN HUJAN MENGGUNAKAN METODE KAGAN – RODDA DENGAN MEMPERHITUNGKAN FAKTOR TOPOGRAFI PADA DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) SAROKAH, KABUPATEN SUMENEP, PULAU MADURA

Yuvika Rega Siswanti¹⁾, Very Dermawan²⁾, Ery Suhartanto²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Sarjana Teknik Jurusan Pengairan Universitas Brawijaya

²⁾Dosen Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Teknik Pengairan Universitas Brawijaya-Malang, Jawa Timur, Indonesia

Jl. Mt. Haryono 167 Malang 65145, Indonesia

e-mail: yuvikasiswanti@gmail.com

ABSTRAK

Ketelitian data hujan yang didapat sering kali tidak akurat yang menyebabkan penelitian, perencanaan dan pengelolaan tidak efektif. Sehingga dibutuhkan rasionalisasi jaringan stasiun hujan. Rasionalisasi dilakukan dengan memperhitungkan faktor topografi dan keterkaitannya dengan penyebaran stasiun hujan. Studi ini menggunakan metode Kagan-Rodda dengan berpedoman pada standar WMO (*World Meteorological Organization*) dalam menentukan jumlah dan pola sebaran stasiun hujan di DAS Sarokah. Berpedoman pada standar WMO dan hasil analisa Kagan-Rodda, diperoleh 7 stasiun hujan dengan kualitas data yang baik dengan kesalahan perataan dan interpolasi 10%. Jarak antar simpul Kagan-Rodda adalah 8012,150 km². Hubungan yang terjadi antara faktor jarak dan elevasi memiliki nilai R² tertinggi yaitu 0,212. Sedangkan hubungan antara curah hujan dengan faktor jarak memiliki nilai R² tertinggi yaitu 0,706.

Kata kunci: stasiun hujan, standar WMO, Kagan-Rodda, faktor topografi

ABSTRACT

The accuration of rainfall data is oftently not accurate, which leads to ineffective research, planning and mangement. Thus, it need rainfall station rasionalization. This rasionalization was implemented by calculating topography factors and its relevance with distribution of rainfall station. This study used Kagan-Rodda method, based on WMO (World Meteorological Organization) standard to determine the number and distribution pattern of rainfall station in Sarokah basin. Reference to WMO standard and Kagan-Rodda analysis, the result was 7 rainfall station with good quality of rainfall data and just 10% in an average error and interpolation error. The distance between Kagan-Rodda vertices was 8012,150 km². The relevance of distance and elevation factors has the highest R², is 0,212. Whereas the relevance of rainfall data and distance factor has the highest R², is 0,706.

Key Words: rainfall station, WMO standard, Kagan-Rodda, topohraphy factor

I. PENDAHULUAN

Pengukuran jumlah hujan yang turun pada suatu lokasi penting dilakukan. Data dari hasil pengukuran hujan didapatkan dari stasiun hujan yang tersebar di beberapa titik lokasi tertentu. Dalam hal ini, kesalahan dalam pengukuran sering kali terjadi. Ini menyebabkan data yang didapat tidak akurat. Data yang tidak akurat tersebut meyebabkan kegiatan penelitian, perencanaan dan pengelolaan tidak optimal. Jumlah, penyebaran dan kondisi stasiun hujan merupakan faktor yang sangat memengaruhi kesalahan dalam pengukuran pada stasiun hujan.

Penetapan menentukan kerapatan stasiun hujan adalah hal yang penting dilakukan. Jumlah dan jarak antar stasiun yang satu dengan yang lainnya harus

diperhitungkan sedemikian rupa agar data yang didapat adalah data yang akurat. Jaringan dalam pengertian studi ini dimaksudkan sebagai satu sistem yang terorganisir untuk mengumpulkan data hidrologi secara optimum untuk berbagai kepentingan pokok yaitu tercapainya kerapatan jaringan yang optimum dan perolehan informasi yang maksimum. Sehingga dengan pengukuran hanya dari satu stasiun dapat diperoleh variabel hidrometeorologi di semua titik dengan ketelitian yang cukup (Harto, 1989:23).

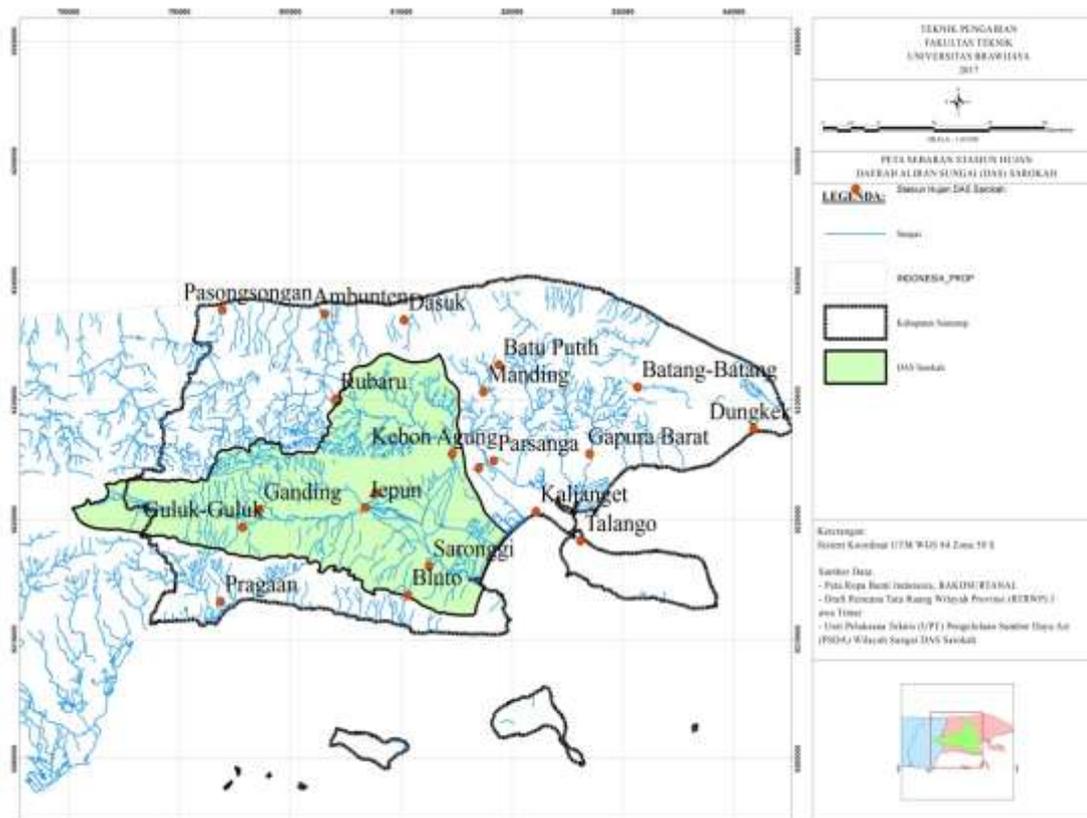
Pada studi ini, penelitian dilakukan dengan memperhatikan faktor topografi yang ada pada lokasi studi. Hal ini diharapkan tiap-tiap DAS memiliki cara tersendiri dalam menentukan jumlah dan pola sebaran stasiun hujan sehingga

stasiun hujan yang ada pada masing-masing DAS dapat bekerja secara efektif dan optimal. Studi ini akan melihat apakah ada pengaruh yang terjadi antar faktor topografi (dalam hal ini faktor topografi yang dimaksud adalah faktor jarak, elevasi dan *slope*). Selanjutnya akan dilihat pula hubungan yang terjadi antara curah hujan yang terjadi pada

lokasi studi dengan faktor topografi pada DAS tersebut (jarak, elevasi dan *slope*).

2. METODE

Lokasi penelitian terletak di DAS Sarokah, Kabupaten Sumenep Pulau Madura dengan luas 392,49 km² (pada Gambar1).



Gambar 1. Lokasi Studi dan Sebaran Stasiun Hujan

Pos stasiun hujan yang digunakan untuk analisis yang dilakukan adalah berjumlah 10 stasiun hujan, dengan rincian 7 stasiun hujan terletak di dalam wilayah DAS Sarokah yaitu stasiun hujan Guluk-Guluk, stasiun hujan Ganding, stasiun hujan Lenteng, stasiun hujan Jepun, stasiun hujan Kebonagung, stasiun hujan Saronggi, dan Bluto, serta 3 stasiun hujan yang terletak di luar wilayah DAS Sarokah yaitu stasiun hujan Rubaru, stasiun hujan Manding dan stasiun hujan Sumenep Pengairan.

Metode yang digunakan dalam studi ini adalah standar WMO dan metode Kagan-Rodda. Sedangkan metode yang digunakan untuk menentukan hubungan

yang terjadi antar faktor topografi serta hubungan yang terjadi antara curah hujan dengan faktor topografi dilakukan dengan metode analisis regresi sederhana dengan menggunakan *software* SPSS 20.0.

Langkah-langkah dalam pengerjaan studi adalah sebagai berikut:

1. Melakukan analisa hidrologi dengan melakukan pengisian data hilang untuk mencari data yang hilang. Sedangkan untuk menguji kualitas data hujan dilakukan dengan uji konsistensi, ketidakadaan *trend*, uji stasioner, uji persistensi dan yang terakhir uji *inlier-outlier*.
2. Perhitungan hujan rerata daerah dengan *Polygon thiessen*.

3. Menganalisa kerapatan jaringan stasiun hujan berdasarkan standar WMO.
4. Menghitung nilai koefisien variasi dan koefisien korelasi yang terjadi antar stasiun hujan.
5. Membuat grafik eksponensial antara jarak dan koefisien korelasi antar stasiun hujan yang telah didapa untuk memperoleh nilai $r_{(0)}$ dan $d_{(0)}$ dari grafik eksponensial.
6. Menghitung kesalahan perataan (Z_1) dan kesalahan interpolasi (Z_3) dengan maksimal kesalahan 10% dan membuat jaring-jaring Kagan-Rodda dengan panjang sisi-sisi segitiga Kagan-Rodda yang telah diperoleh.
7. Menentukan jumlah dan sebaran stasiun hujan berdasarkan analisa jaring-jaring Kagan-Rodda yang telah dilakukan dengan stasiun hujan yang memiliki kualitas data yang baik.
8. Melakukan evaluasi stasiun hujan baru rekomendasi Kagan-Rodda.
9. Analisa hubungan stasiun hujan dengan faktor topografi yaitu antar faktor topografi (jarak, elevasi, *slope*) dan antara curah hujan dengan faktor topografi (jarak, elevasi, *slope*) dengan *software* SPSS 20.0
10. Kesimpulan.

Standar WMO

Standar WMO memberikan pedoman kerapatan minimum di beberapa daerah seperti berikut ini (Linsley, 1989, p.67):

1. Untuk daerah datar pada zona beriklim sedang, mediteranian, dan tropis, 100 sampai 900 km² (230 sampai 350 mil²) untuk setiap stasiun
2. Untuk daerah pegunungan pada zona beriklim sedang, mediteranian, dan tropis, sebesar 100 sampai 250 km² (40 sampai 100 mil²) untuk setiap stasiun
3. Untuk daerah pulau-pulau dengan pegunungan kecil dengan hujan yang tak beraturan, 25 km² (10 mil²) untuk setiap stasiun hujan

4. Untuk zona-zona kering dan kutub, 1500 sampai 10000 km² (600 sampai 4500 mil²) untuk setiap stasiun

Berdasarkan pedoman WMO, DAS Sarokah merupakan daerah pegunungan pada zona beriklim sedang, mediteranian, dan tropis, sebesar 100-250 km² untuk setiap stasiun. Dalam hal ini, DAS Sarokah mengikuti kerapatan minimum yaitu 100 km²/stasiun hujan.

Metode Kagan-Rodda

Secara garis besar langkah-langkah perhitungan yang akan dilakukan dalam perencanaan jaringan Kagan-Rodda adalah seperti di bawah ini (Harto,1993,p.32):

1. Dari jaringan stasiun hujan yang tersedia, dapat dihitung nilai koefisien variasi (C_v) sesuai dengan data yang diperlukan.
2. Dari jaringan stasiun hujan yang telah tersedia, dicari hubungannya antara jarak antar stasiun dan dengan data hujan disesuaikan dengan keperluan. Dalam penetapan hubungan ini tidak perlu diperhatikan orientasi arahnya, karena tidak berpengaruh terhadap besarnya korelasi.
3. Hubungan yang diperoleh di atas digambarkan dalam sebuah grafik lengkung eksponensial, sehingga dari grafik ini diperoleh besaran $d_{(0)}$ dengan menggunakan nilai rerata d dan $r_{(d)}$.
4. Setelah jumlah stasiun hujan pada DAS yang ditinjau ditetapkan, maka penempatan stasiun hujan dilakukan dengan jaring-jaring segitiga sama sisi dengan panjang sisi L .
5. Dari jaring-jaring Kagan-Rodda yang telah dibuat, selanjutnya dilakukan penggeseran-penggeseran sedemikian rupa, sehingga jumlah simpul segitiga yang berada di dalam DAS sama dengan jumlah stasiun hujan yang dihitung. Simpul-simpul tersebut merupakan lokasi stasiun hujan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Uji Kualitas Data

Uji kualitas data dilakukan untuk mengetahui stasiun mana yang memiliki data yang baik. Sehingga uji kualitas data digunakan sebagai pertimbangan untuk menentukan stasiun baru rekomendasi Kagan-Rodda. Dari uji kualitas data yang dilakukan, data curah hujan kumulatif tahunan memiliki kualitas data yang paling baik. Sehingga untuk analisa yang akan dilakukan selanjutnya menggunakan data curah hujan kumulatif tahunan.

Curah Hujan Rerata Daerah

Curah hujan rerata daerah dilakukan dengan menggunakan metode Poligon Thiessen dengan data hujan eksisting 15 tahun. Berikut adalah hasil perhitungan hujan rerata daerah.

Tabel 1. Curah Hujan Rerata Daerah

Tahun	CH Thiessen
1999	193,770
2000	1388,644
2001	1566,724
2002	1273,090
2003	1048,132
2004	1197,070
2005	1270,539
2006	1272,491
2007	1452,051
2008	1581,849
2009	1343,853
2011	1002,299
2012	1250,509
2014	1457,358
2015	1274,918

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Analisa Standar WMO

Analisa WMO dilakukan sebagai untuk mengetahui kondisi penyebaran jaringan stasiun hujan eksisting pada DAS Sarokah. Dengan ketentuan $100\text{km}^2/\text{stasiun}$, jumlah stasiun hujan di DAS Sarokah seharusnya memiliki 4 stasiun hujan dengan luas DAS Sarokah yaitu $392,49\text{ km}^2$. Selanjutnya hasil dari standar WMO akan dilakukan untuk analisa metode Kagan-Rodda dengan disesuaikan dengan kebutuhan jumlah stasiun dan memiliki kualitas data curah hujan yang baik. Berikut adalah tabel

hasil analisa standar WMO (*World Meteorological Organization*).

Tabel 2. Analisa Standar WMO

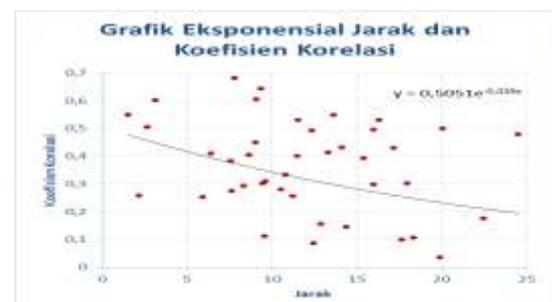
No	Nama	Luas Km2	Prosentase %	Luas Daerah Per Stasiun Hujan (Km2)		
				Kondisi Ideal 100- 250	Kondisi Normal 300- 1000	Kondisi Sulit 1000- 5000
1	Jepun	47,627	12,132	Ideal	-	-
2	Guluk-Guluk	69,478	17,698	Ideal	-	-
3	Saronggi	51,930	13,228	Ideal	-	-
4	Ganding	58,404	14,877	Ideal	-	-
5	Kebonagung	39,253	9,999	Ideal	-	-
6	Rubaru	42,898	10,927	Ideal	-	-
7	Manding	13,834	3,524	Ideal	-	-
8	Bluto	17,570	4,476	Ideal	-	-
9	Sumenep Pengairan	13,547	3,451	Ideal	-	-
10	Lenteng	38,029	9,687	Ideal	-	-

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Analisa Metode Kagan-Rodda

Selanjutnya yaitu analisa Kagan-Rodda untuk menentukan jumlah dan sebaran stasiun hujan di DAS Sarokah. Dengan menggunakan data curah hujan rerata daerah, dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai koefisien variasi dengan hasil perhitungan nilai koefisien variasi adalah 0,170.

Perhitungan nilai koefisien korelasi antar stasiun hujan untuk membuat grafik eksponensial antara jarak dan korelasi antar stasiun hujan untuk mendapatkan nilai $r(0)$ dan $d(0)$.



Gambar 2. Grafik Eksponensial

Berdasarkan grafik, diperoleh $r(0) = 0,5051$ dan nilai $d(0) = 1/0,039 = 25,641$, dilanjutkan perhitungan kesalahan

perataan (Z_1) dan kesalahan interpolasi (Z_3) dengan maksimal 10%.

Tabel 3. Perhitungan Z_1 dan Z_3

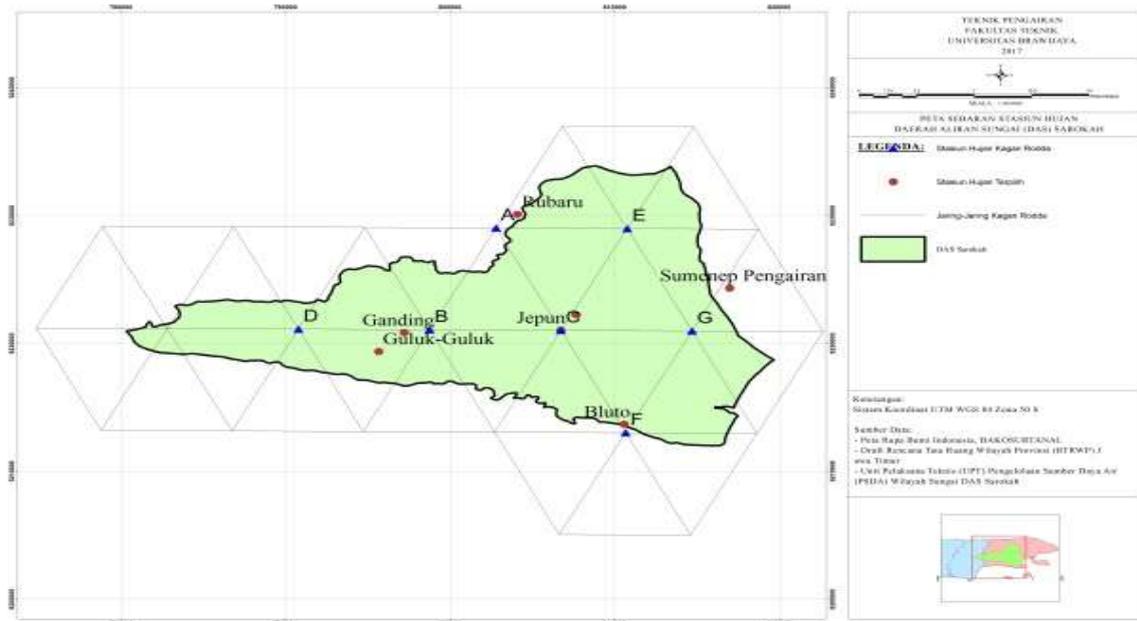
n	C	$r_{(0)}$	A (km^2)	$d_{(0)}$	$A^{0,5}$	$n^{0,5}$	$(A/n)^{0,5}$	Z_1 (%)	Z_3 (%)
1	0,17	0,505	392,49	25,64	19,81	1,00	19,81	15,580	10,311
2	0,17	0,505	392,49	25,64	19,81	1,41	14,009	12,674	9,442
3	0,17	0,505	392,49	25,64	19,81	1,73	11,438	11,557	9,030
4	0,17	0,505	392,49	25,64	19,81	2,00	9,906	10,947	8,775
5	0,17	0,505	392,49	25,64	19,81	2,24	8,860	10,557	8,597
6	0,17	0,505	392,49	25,64	19,81	2,45	8,088	10,283	8,463
7	0,17	0,505	392,49	25,64	19,81	2,65	7,488	10,079	8,357
8	0,17	0,505	392,49	25,64	19,81	2,83	7,004	9,920	8,271
9	0,17	0,505	392,49	25,64	19,81	3,00	6,604	9,792	8,199
10	0,17	0,505	392,49	25,64	19,81	3,16	6,265	9,688	8,138

Berdasarkan perhitungan di atas, diperoleh jumlah stasiun hujan yang
Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

dibutuhkan DAS Sarokah sebanyak 7 stasiun hujan dengan kualitas data yang baik. Setelah didapatkan jumlah stasiun hujan terpilih, dilakukan perhitungan untuk mencari panjang sisi-sisi segitiga Kagan-Rodda dengan menggunakan rumus:

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

Panjang sisi segitiga Kagan-Rodda yang diperoleh adalah 8,012 km dengan titik acuan yaitu stasiun hujan Jepun, seperti jaring-jaring sebagai berikut.



Gambar 3. Jaring-Jaring Kagan-Rodda

Stasiun hujan yang terpilih berjumlah 7 stasiun, dengan rincian yaitu Stasiun Hujan Rubaru, Stasiun Hujan Ganding, Stasiun Hujan Jepun, Stasiun Hujan Guluk-Guluk, Stasiun Hujan Lenteng, Stasiun Hujan Bluto, Stasiun Hujan Sumenep Pengairan. Tahap selanjutnya dilakukan evaluasi terhadap stasiun hujan terpilih seperti pada tabel berikut.

Tabel 4. Evaluasi Stasiun Hujan Terpilih

Titik	Stasiun	Jarak dari Titik Simpul (km)	$r(0)$	$r(d)$	KR %
A	Rubaru	1,720748	0,505	0,471	7%
B	Ganding	1,659066	0,505	0,473	6%
C	Jepun Guluk-Guluk	0	0,505	0,505	0%
D	Guluk	5,296635	0,505	0,409	19%
E	Lenteng	7,241156	0,505	0,378	25%
F	Bluto	0,929131	0,505	0,487	4%
G	Sumenep Pengairan	4,153846	0,505	0,428	15%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Dari evaluasi yang telah dilakukan di atas, diperoleh rata-rata kesalahan relatif sebesar 11%.

Selanjutnya dilakukan evaluasi guna mengetahui kesalahan relatif yang terjadi antara lokasi stasiun hujan eksisting terhadap stasiun hujan rekomendasi Kagan-Rodda.

Tabel 5. Kesalahan Relatif Stasiun Hujan Eksisting Terhadap Stasiun Hujan Kagan-Rodda

Titik	Stasiun Acuan	Stasiun Eksisting	L Eksisting	Rumus Kagan	KR (%)
A	Rubaru	Lenteng	9535,650	9308	2%
		Jepun	8728,427	9308	6%
		Ganding	11643,707	9308	25%
B	Ganding	Guluk-Guluk	2135,828	9308	77%
		Jepun	9577,954	9308	3%
C	Lenteng	Jepun	1561,803	9308	83%
		Sumenep Pengairan	10811,297	9308	16%
		Bluto	8256,126	9308	11%
E	Jepun	Sumenep Pengairan	9609,227	9308	3%
		Bluto	8157,816	9308	12%
F	Bluto	Sumenep Pengairan	12393,299	9308	33%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Dari perhitungan kesalahan relatif di atas, diperoleh rerata kesalahan relatif sebesar 25%. Ini menunjukkan bahwa stasiun hujan eksisting pada DAS Sarokah perlu untuk dirasionalisasikan.

Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk memperoleh rumus modifikasi Kagan-Rodda khusus DAS Sarokah. Didapatkan perubahan untuk nilai koefisien eksisting Kagan-Rodda yang dimodifikasi untuk DAS Sarokah, dengan perhitungan sebagai berikut.

1. Jarak rerata antar stasiun eksisting
= 9307,847 m
2. Jarak panjang sisi Kagan-Rodda
= 8012,150 m
3. Jarak Kagan-Rodda
= (Koefisien) x (Jarak Stasiun Eksisting)
Koefisien = 9307,847 / 8012,150
= 1,162

4. Koefisien untuk Rumus Kagan Modifikasi:

$$\begin{aligned} \text{Koefisien baru} &= 1,162 \times 1,07 \\ &= 1,243 \end{aligned}$$

5. Rumus modifikasi = $1,243 \sqrt{\frac{A}{n}}$

Berikut adalah lokasi stasiun hujan baru rekomendasi Kagan-Rodda beserta luas pengaruhnya.

Tabel 6. Stasiun Hujan Rekomendasi Kagan-Rodda

Titik	Stasiun	Lintang	Bujur	Luas Pengaruh (%)
A	Rubaru	133,7401880	-6,9668770	24,68
B	Ganding	113,8122980	-6,9668780	70,33
C	Jepun	113,8483520	-7,0389870	68,62
D	Guluk-Guluk	113,7762420	-7,0389860	65,48
E	Lenteng	113,6320210	-7,0389840	67,73
F	Bluto	113,8122960	-7,1110950	38,48
G	Sumenep Pengairan	113,7041310	-7,0389850	59,87

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Hubungan Antar Faktor Topografi dan Hubungan Antara Curah Hujan dengan Faktor Topografi

Untuk melihat hubungan yang terjadi antar faktor topografi dan hubungan antara curah hujan dengan faktor topografi, maka dilakukan analisa dengan menggunakan *software* SPSS 20.0. Hubungan antar faktor topografi yaitu jarak sebagai variabel *dependent* dan elevasi serta *slope* sebagai variabel *independent*. Sedangkan hubungan antara curah hujan dengan faktor topografi yaitu curah hujan sebagai variabel *dependent* dan faktor topografi yaitu jarak, elevasi dan *slope* sebagai variabel *independent*. Dari analisa yang dilakukan, diperoleh nilai koefisien determinasi dari setiap hubungan beserta hasil uji asumsi klasik yang dilakukan untuk melihat seberapa kuat hubungan yang ditimbulkan. Berikut adalah hasil rekapitulasi yang diperoleh.

Tabel 7. Rekapitulasi Hubungan Antar Faktor Topografi

Uji Asumsi Klasik	Elevasi	Slope
R ²	0,212	0,107
Uji Normalitas	X	X
Uji Multikolinearitas	√	√
Uji Autokorelasi	√	X
Uji Heteroskedastisitas	√	√
KR (%)	39%	43%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 8. Rekapitulasi Hubungan Curah Hujan dengan Faktor Topografi

Uji Asumsi Klasik	Jarak	Elevasi	Slope
R ²	0,706	0,137	0,103
Uji Normalitas	√	X	√
Uji Multikolinearitas	√	√	√
Uji Autokorelasi	√	X	X
Uji Heteroskedastisitas	√	√	√
KR (%)	0%	1%	1%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

4. KESIMPULAN

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari studi ini adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan standar WMO dengan berpedoman ketentuan 100-250 km²/stasiun untuk daerah tropis, DAS Sarokah dengan luas DAS Sarokah adalah 392,49 km² membutuhkan 4 stasiun hujan terpilih dari 10 stasiun hujan.
2. Berdasarkan analisa Kagan-Rodda diperoleh 7 stasiun hujan yang dipilih berdasarkan pembuatan jaring-jaring Kagan-Rodda dan memiliki kualitas data yang baik. Stasiun hujan tersebut adalah stasiun hujan Jepun, stasiun hujan Ganding, stasiun hujan Sumenep Pengairan, stasiun hujan Guluk- Guluk, stasiun hujan Lenteng, stasiun hujan Bluto dan stasiun hujan Rubaru.
3. Melalui analisa *software* SPSS 20.0, didapatkan hasil korelasi yang terjadi antara faktor jarak (Y) dan faktor elevasi (X₁) lebih kuat dibandingkan faktor jarak (Y) dan faktor *slope* (X₂) dengan nilai R² sebesar 0,212 dengan kesalahan relatif sebesar 39%. Selanjutnya didapatkan hasil korelasi

yang terjadi antara Curah Hujan (Y) dengan faktor topografi Jarak (X₁) lebih kuat dengan nilai R² sebesar 0,706 dibandingkan korelasi yang terjadi antara Curah Hujan (Y) dengan faktor topografi Elevasi (X₂) atau Curah Hujan (Y) dengan faktor topografi Slope (X₂).

Saran

Saran yang dapat diajukan pada studi ini adalah sebagai berikut:

1. Stasiun hujan yang ada di DAS Sarokah dinilai berlebihan dan dirasa kurang efektif, sehingga disarankan untuk mengurangi jumlah stasiun hujan dan memindahkan stasiun hujan yang ada dengan jarak antar stasiun dapat mewakili setiap luasan daerah pengaruhnya sehingga stasiun hujan dapat bekerja secara optimal.
2. Diharapkan untuk studi yang akan dilakukan lebih banyak dalam mempertimbangkan faktor lain dalam menentukan pola sebaran stasiun hujan sehingga dalam peletakannya stasiun hujan dapat berfungsi secara optimal.
3. Metode untuk analisa evaluasi stasiun hujan sebaiknya semakin diperbanyak sehingga semakin baik dalam penyempurnaannya.

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.
- Linsley, RK, Kohler, M.A dan Paulhus. 1986. *Hidrologi Untuk Insinyur* (Terjemahan). Jakarta: Erlangga. Juli 1998.
- Rodda, J. C., 1967, Precipitation Network, WMO Bulletin, No. 324, pp. II.21-1-6.