

Evaluasi Kerapatan Jaringan Pos Pencatatan Hujan Di DAS Keyang Slahung Tempuran Ponorogo, menggunakan Metode Kagan-Rodda

Mar'atu Rifatil Jannah^{1*}, Mahendra Andiek Maulana¹, Yang Ratri Savitri¹,

Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya¹

Koresponden*, Email: rifatil.jannah9090@gmail.com

	Info Artikel	Abstract
Diajukan	26 Desember 2022	<i>The accuracy of hydrological quality and quantity data is inseparable from the importance of the hydrological postal network. The quality of data has highly effective on planning, developing, and controlling infrastructure, so the placement of rain recording posts is very important to produce the watershed produced can describe a watershed. This research uses standards from the WMO (word Meteorological Organization) and Kagan-Rodda. The results of the WMO standard produced 11 selected rain posts from 18 rain posts, while with the Kagan-Rodda method, 11 rain posts were obtained from 18 rain posts, namely Ngrayun, Pudak, Purwanto, Bollu, Pulung, Ponorogo, Sumoro, Slahung, sawoo, Ngilo-Ilo, Sumoroto.</i>
Diperbaiki	30 Mei 2023	
Disetujui	30 Mei 2023	
<i>Keywords: rain recorder, hidrology, kagan-rodde, keyang slahung tempuran watershed.</i>		Abstrak Kualitas dan kuantitas data hidrologi yang akurat tidak terlepas dari pentingnya jaringan pos hidrologi. Kualitas data sangat berpengaruh pada perencanaan, pengembangan, dan pengendalian infrastruktur, maka penempatan pos pencatatan hujan merupakan hal yang sangat penting agar data yang dihasilkan dapat menggambarkan sebuah Daerah Aliran Sungai. Pada evaluasi ini menggunakan standar dari WMO (word Meteorological Organization) dan Kagan-Rodda. Hasil dari standart WMO menghasikan 11 pos hujan terpilih dari 18 pos hujan, sedangkan dengan metode Kagan-Rodda didapatkan 11 pos hujan yang tepilih dari 18 pos hujan yaitu Ngrayun, Pudak, Purwanto, Bollu, Pulung, Ponorogo, Sumoro, Slahung, sawoo, Ngilo-Ilo, Sumoroto.
Kata kunci: pos hujan, hidrologi, kagan-rodde, DAS keyang slahung tempuran		

1. Pendahuluan

Alat pengukur hujan (pos pencatatan hujan) adalah salah satu alat yang sangat penting dalam kegiatan analisis hidrologi, dimana alat pengukur hujan mengukur besarnya hujan yang terjadi di suatu daerah. hujan termasuk dalam komponen utama dalam siklus hidrologi dan input pendorong terpenting disuatu Daerah Aliran Sungai.

Di sisi lain, hujan juga berpengaruh atas terjadinya bencana alam. Mulai dari banjir bandang, tanah longsor, hingga kerusakan Daerah Aliran Sungai yang serius [1]. Maka, data hidrologi yang akurat sangat diperlukan dalam perencanaan dan penentuan potensi air [2]. Dari beberapa hal diatas tidak jauh dari pentingnya kerapatan jaringan, dan lokasi penempatan pos hujan dan pos duga air, dimana kedua alat tersebut menentukan apakah informasi yang di dapatkan benar atau tidak.

Kesalahan dalam pemantauan data dasar hidrologi dalam suatu daerah aliran sungai (DAS) dapat membuat data yang dipakai dalam perencanaan, penelitian, dan pengelolaan sumber daya air menghasilkan hasil yang tidak menggambarkan karakteristik DAS. Namun yang menjadi pertanyaan adalah berapa jumlah pos hujan yang perlu

ditempatkan dalam suatu DAS untuk memantau karakteristik hidrologi secara akurat dan benar. [3]

Salah satu metode yang digunakan untuk menghitung kerapatan jaringan pos hujan adalah metode Kagan-Rodda, yang memiliki keunggulan keluaran berupa jumlah stasiun hujan yang diperlukan beserta lokasi sebaran pos hujan [4], Menurut penelitian terdahulu Immaaduddiin, 2022 yang dilakukan pada DAS Ngrowo Tulungagung, dengan luas DAS 1.512,2 km² dan jumlah pos hujan 21 pos hujan yang kurang merata menghasilkan 15 pos hujan yang direkomendasikan dari hasil Analisa Kagan-Rodda [5].

DAS Keyang, Slahung, Tempuran terletak di Kabupaten Ponorogo, Merupakan DAS terbesar di Kabupaten Ponorogo, dari hulu sampai hilir mempunyai permasalahan masing-masing, di hulu DAS Keyang Slahung Tempuran terdapat permasalahan yang kompleks yaitu kerusakan lahan, erosi, fluktuasi debit sungai, dan sedimentasi yang cukup tinggi. Jika mengacu pada Wordl Meteology Organitation (WMO), DAS Keyang, Slahung, Tempuran merupakan daerah daerah pegunungan tropis mediteran dan sedang yang memiliki syarat kerapatan jaringan 100-250 km² untuk setiap pos hujannya. DAS Keyang, Slahung, Tempuran mempunyai luas 1.106,71 km² dan terdapat 18 pos hujan. Sangat banyak

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 KST 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

Untuk menentukan sebaran pos hujan dapat dilakukan dengan metode Kagan-Rodda, yang mempunyai keunggulan yaitu dapat menghasilkan berapa jumlah stasiun hujan yang diperlukan beserta lokasinya sebaran staisun hujan. Cara ini ditemukan oleh Kagan pada tahun 1967. Dasar dari teori ini adalah teori statistik, yaitu menentukan kesalahan dalam interpolasi dan perataan suatu. Dalam analisa Kagan Rodda diperlukan menghitung koefisien korelasi, kesalahan relatif perataan Z₁, dan kesalahan interpolasi Z₃ [8] untuk menghitung koefisien korelasi dapat menggunakan persamaan 4

$$r_{(d)} = r_{(0)} \cdot e^{\left(\frac{-d}{d_0}\right)} \tag{4}$$

dengan:

r_(d) = Koefisien korelasi untuk jarak stasiun sejauh d

r₍₀₎ = Koefisien korelasi untuk jarak stasiun yang sangat dekat

d = Jarak antar stasiun (km)

d₀ = Radius korelasi, yaitu jarak antar stasiun dimana korelasi berkurang dengan factor e.

Kesalahan relatif perataan (Z₁) dihitung menggunakan persamaan 5 dan kesalahan interpolasi (Z₃) dihitung menggunakan persamaan 6

$$C_v = \left(\frac{S}{\bar{X}}\right) \tag{5}$$

$$Z_1 = C_v \cdot \sqrt{\frac{1 - r_{(0)} + \left(\frac{0.23\sqrt{A}}{d(0)\sqrt{n}}\right)}{n}} \tag{6}$$

$$Z_3 = C_v \sqrt{\frac{1}{3} \left(1 - r_{(0)}\right) + \frac{0.52 r_{(0)} \sqrt{\frac{A}{n}}}{d(0)}} \tag{7}$$

dengan:

A = Luas DAS (km²)

N = Jumlah stasiun

Z₁ = Kesalahan relatif perataan (%)

Z₃ = Kesalahan interpolasi (%)

Untuk menghitung panjang sisi segitiga Kagan Rodda menggunakan persamaan 7

$$L = 1.07 \sqrt{\frac{A}{n}} \tag{8}$$

dengan:

A = Luas DAS (km²)

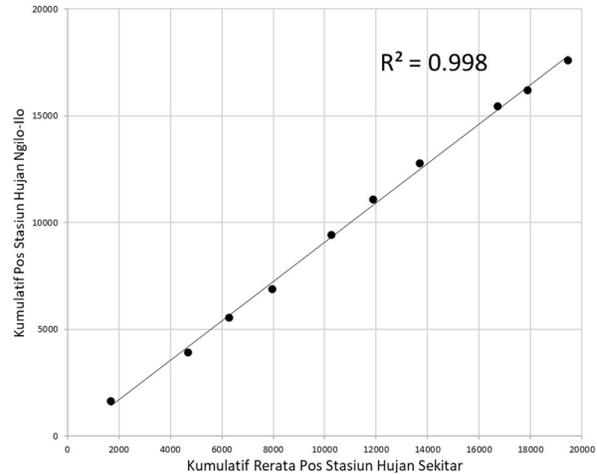
N = Jumlah stasiun

3. Hasil dan Pembahasan

Untuk mencari kebutuhan pos hujan yang sesuai dengan karakteristik di DAS KST melalui beberapa tahapan yaitu uji konsistensi data, analisis curah hujan merata, evaluasi jaringan stasiun hujan berdasarkan standart WMO, analisis jaringan stasiun Kagan-Rodda, dan Analisis pos hujan hasil rekomendasi Kagan-Rodda.

Uji Konsistensi Data

Uji konsistensi data dilakukan dengan cara menggambar grafik *scatterplot* antara kumulatif data hujan dan kumulatif pos hujan sekiatar seperti **Gambar 3**. Hasil uji konsistensi data yang menunjukkan bahwa data hujan yang digunakan memperoleh nilai R² mendekati 1 adalah konsisten.



Gambar 2. *Curva Double Mass Curve*

Berdasarkan hasil uji *double mass curve* pada didapatkan nilai R² terkecil 0,995 dan yang terbesar adalah 1 nilai tersebut sesuai dengan persyaratan mendekati 1 maka data pos hujan yang ada konsisten dan dapat di lanjutkan ke perhitungan selanjutnya.

Analisis Curah Hujan Rerata Daerah

Analisis curah hujan wilayah *Polygon Thiessen* dibentuk berdasarkan cara rata-rata timbangan. Masing-masing

penakar dibentuk dengan menggambarkan sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos hujan.

Hasil penggambaran sebaran pos hujan hasil metode *polygon Thiessen* untuk DAS KST dapat dilihat pada **Gambar 4**.

Tabel 1. Rekapitulasi Curah Hujan Rerata Daerah

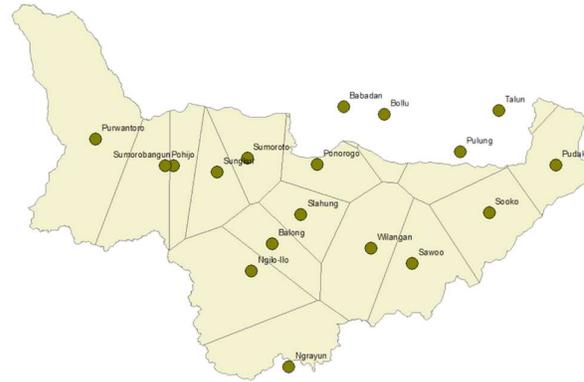
No.	Tahun	Curah Hujan Thiessen
1	2009	1602,333
2	2010	2751,857
3	2011	1630,101
4	2012	1676,685
5	2013	2267,064
6	2014	1604,964
7	2015	1750,894
8	2016	2969,390
9	2017	1179,326
10	2018	1576,332

Berdasarkan curah hujan tertinggi **Tabel 2** didapatkan pada tahun 2016 dengan nilai sebesar 2969,36 mm dan curah hujan wilayah terendah didapatkan pada tahun 2017 dengan nilai sebesar 1.179,326 mm.

Evaluasi Jaringan Stasiun Hujan Berdasarkan Standart WMO

Evaluasi kerapatan jaringan stasiun hujan dilakukan untuk menentukan jumlah ideal dari stasiun hujan dalam suatu DAS. Salah satu pendukung dalam evaluasi kerapatan jaringan stasiun hujan adalah dengan standart WMO. Pada DAS KST standar yang digunakan berdasarkan WMO adalah daratan pegunungan tropis dengan luas 1 pos hujan mewakili 100-250 km².

Berdasarkan standar yang ditetapkan WMO, DAS KST memiliki 3 stasiun hujan yang sangat ideal dan sisanya ideal. Dari luas DAS KST yang mempunyai luas 1.106,71 km² membutuhkan 11 stasiun hujan dengan analisis luas wilayah hujan menggunakan metode *polygon Thiessen*.

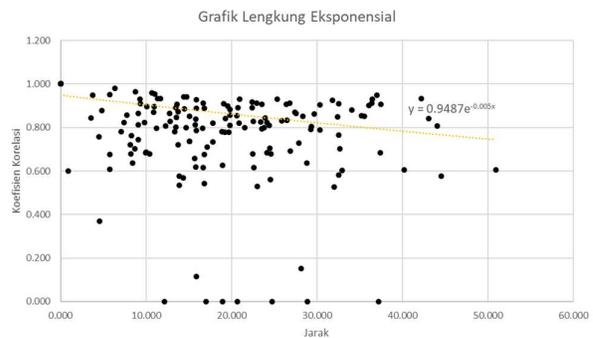


Gambar 3. *Polygon Thiessen* DAS KST

Analisis Jaringan Stasiun Hujan Kagan-Rodda

Analisis jaringan dengan metode Kagan-Rodda mengkaitkan dua hal yaitu kesalahan interpolasi dan kesalahan perataan. Analisa Kagan-Rodda pada DAS KST dengan menggunakan hasil perhitungan hujan kumulatif tahunan didapatkan nilai koefisien variasi sebesar 0,3011.

Setelah mendapatkan nilai Cv, dilakukan perhitungan nilai koefisien korelasi untuk setiap pos hujan (r) dengan menggambarkan grafik lengkung eksponensial. Grafik eksponensial tersebut menunjukkan hubungan antara jarak stasiun hujan terhadap koefisien korelasi untuk mendapatkan nilai r(0) dan d(0).



Gambar 4. Grafik Eksponensial

Berdasarkan grafik eksponensial pada **Gambar 5**. Diperoleh $r_{(0)} = 0.9497$ dan nilai $d_0 = 200$ km. untuk perhitungan kesalahan relatif perataan (Z_1) dan kesalahan interpolasi (Z_3) dengan maksimal 10% yang di dihasilkan pada **Tabel 3** sehingga dapat dihitung panjang sisi segitiga [8]:

$$\begin{aligned}
 L &= 1,07 \sqrt{\frac{A}{n}} & (8) \\
 &= 1,07 \sqrt{\frac{1106,712}{11}} \\
 &= 8,39 \text{ km}
 \end{aligned}$$

Dengan di dapatkan panjang sisi jaring-jaring maka dapat digambarkan segitiga kagan rodde.

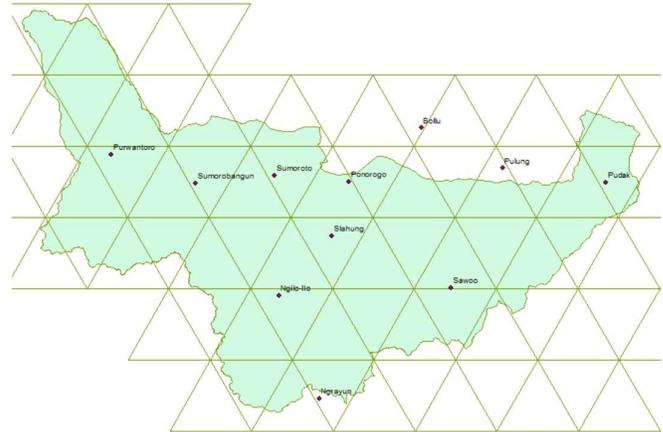
Tabel 2. Perhitungan Z_1 dan Z_2

n	Cv	r ₍₀₎	A (km ²)	d ₀	Z ₁ (%)	Z ₃ (%)
1	0,30	0,94	1106,71	200	11,94	11,92
2	0,30	0,94	1106,71	200	10,69	10,73
3	0,30	0,94	1106,71	200	10,36	10,14
4	0,30	0,94	1106,71	200	10,21	9,77
5	0,30	0,94	1106,71	200	10,13	9,51
6	0,30	0,94	1106,71	200	10,08	9,31
7	0,30	0,94	1106,71	200	10,05	9,15
8	0,30	0,94	1106,71	200	10,03	9,02
9	0,30	0,94	1106,71	200	10,01	8,91
10	0,30	0,94	1106,71	200	10,00	8,81
11	0,30	0,94	1106,71	200	9,99	8,73
12	0,30	0,94	1106,71	200	9,99	8,66
13	0,30	0,94	1106,71	200	9,98	8,59
14	0,30	0,94	1106,71	200	9,97	8,53
15	0,30	0,94	1106,71	200	9,97	8,48
16	0,30	0,94	1106,71	200	9,97	8,43
17	0,30	0,94	1106,71	200	9,96	8,39
18	0,30	0,94	1106,71	200	9,96	8,35
19	0,30	0,94	1106,71	200	9,96	8,31
20	0,30	0,94	1106,71	200	9,96	8,27
21	0,30	0,94	1106,71	200	9,95	8,24
22	0,30	0,94	1106,71	200	9,95	8,21
23	0,30	0,94	1106,71	200	9,95	8,18
24	0,30	0,94	1106,71	200	9,95	8,15
25	0,30	0,94	1106,71	200	9,95	8,13
26	0,30	0,94	1106,71	200	9,95	8,10
27	0,30	0,94	1106,71	200	9,95	8,08
28	0,30	0,94	1106,71	200	9,95	8,06
29	0,30	0,94	1106,71	200	9,95	8,04
30	0,30	0,94	1106,71	200	9,95	8,02

Berdasarkan perhitungan nilai Z_1 dan Z_3 **Tabel 3** menunjukkan hasil perhitungan kesalahan perataan dan kesalahan interpolasi dengan nilai $Z_1=9,99\%$ dan $Z_3=8,73\%$. Dengan jumlah pos hujan yang di rekomendasikan Kagan-Rodda berjumlah 11 pos hujan.

Evaluasi Jaringan Stasiun Hujan Rekomendasi Kagan Rodda

Hasil overlay stasiun hujan berdasarkan metode Kagan Rodda **Gambar 5**. Hasil tersebut dijadikan sebagai rekomendasi untuk evaluasi terkait kebutuhan stasiun hujan. Dengan hasil 11 pos hujan yang terpilih.



Gambar 5. Peta Jaringan Stasiun Hujan hasil Kagan Rodda

Tabel 3. Pilihan Pos Hujan Metode Kagan-Rodda

No	Nama Stasiun hujan	Jarak dari titik simpul (d) (Km)	r (d)	(r(0)-r(d))/r(0)	Ket
1	Ngrayun	4,8	0,91	5,94%	Terpilih
2	Pudak	3,8	0,92	4,58%	Terpilih
3	Sungkur	8,7	0,90	10,20%	Tidak
4	Purwantoro	2,7	0,92	3,87%	Terpilih
5	Babadan	9,5	0,89	11,24%	Tidak
6	Bollu	2,0	0,93	1,00%	Terpilih
7	Talun	8,9	0,89	10,27%	Tidak
8	Pulung	2,4	0,92	3,56%	Terpilih
9	Ponorogo	4,4	0,92	5,24%	Terpilih
10	Sumoro	4,7	0,91	5,49%	Terpilih
11	Slahung	4,6	0,91	5,32%	Terpilih
12	Wilangan	9,0	0,89	10,47%	Tidak
13	Sooko	9,6	0,89	11,45%	Tidak
14	Sawoo	4,6	0,91	5,46%	Terpilih
15	Ngilo-Ilo	3,0	0,92	4,11%	Terpilih
16	Balong	7,8	0,90	10,14%	Tidak
17	Sumoroto	3,9	0,92	4,67%	Terpilih
18	Pohijo	8,6	0,90	10,32%	Tidak

Berdasarkan **Tabel 4** dapat disimpulkan bahwa stasiun hujan tersebut merupakan stasiun terpilih metode kagan rodde dilihat dari koefisien korelasi yang memiliki kesalahan relative <10%. Hasil dari pemilihan pos hujan dengan nilai kesalahan relatif kurang dari 10% adalah pos hujan Ngrayun,

Pos Pundak, Pos Purwanto, Pos Bollu, Pos Pulung, Pos Ponorogo, Pos Sumoroto, Pos Slahung, Pos Sawoo, Pos Ngilo-Ilo, Pos Sumoroto.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan mengenai evaluasi kerapatan pos pencatatan hujan yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan dari standart WMO dengan syarat kerapatan pos hujan dengan luas 100-250 km² diwakili oleh 1 pos hujan untuk daerah pegunungan tropis mediteran dan sedang. DAS KST yang mempunyai luas DAS 1.106,7 km² disarankan hanya 11 stasiun hujan dari 18 stasiun hujan.
2. Berdasarkan analisis didapatkan kesalahan relatif perataan $Z_1=9,99\%$ dan kesalahan interpolasi $Z_3=8,73\%$ yang ditetapkan kurang dari 10%, dipilahlah 11 pos hujan.
3. Berdasarkan analisa evaluasi menggunakan metode kagan-rodha, diperoleh 11 pos hujan dari total 18 pos hujan yang ada di DAS KST, stasiun hujan dipilih berdasarkan pembuatan jaring-jaring Kagan-rodha dan memiliki keandalan yang baik. 11 stasiun hujan tersebut adalah Ngrayun, Puduk, Purwanto, Bollu, Pulung, Ponorogo, Sumoro, Slahung, sawoo, Ngilo-Ilo, Sumoroto.

Daftar Pustaka

- [1] C. Frei and C. Schär, "Precipitation Climatology of the Alps From High-Resolution Rain-Gauge

Observations Switzerland," *International Journal of Climatology*, vol. 18, pp. 873-900, 1998.

- [2] A. G. Awadallah, "Selecting Optimum Locations of Rainfall Stations Using Kriging and Entropy Egypt," *International Journal of Civil & Environmental Engineering*, pp. 36-41, 2012.
- [3] Kurniawati, "Evaluasi dan Rasionalisasi Kerapatan Jaringan Pos Hujan dan Pos Duga Air Dengan Metode Stepwise Di SUB DAS Lesti," *Jurnal Mhs. Teknik Pengairan*, vol. 1, pp. 1-9, 2018.
- [4] A. C. Harifa, M. Charist, J. Setiono and M. Khamim, "Evaluasi Jaringan Stasiun Hujan di Wilayah Sungai Dumoga Sangkub," *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, vol. 5, no. 1, pp. 37-50, 2020.
- [5] M. H. Imaaduddin and S. K. Aziz, "Penggunaan Metode Kagan-Rodda Untuk Mengevaluasi Kerapatan Jaringan Stasiun Hujan di DAS Ngrowo Pada Aliran Kali Brantas," *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, vol. 20, no. 2, pp. 235-241, 2022.
- [6] Soemarto, *Hidrologi Teknik*, Jakarta: Erlangga, 1999.
- [7] R. Linsley, M. Kohler and Paulhus, *Hidrologi Untuk Insinyur*, Jakarta: Erlangga, 1986.
- [8] S. Harto Br, *Analisis Hidrologi*, Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama, 1993.