

EVALUASI KERAPATAN JARINGAN STASIUN HUJAN DI DAS BOLANGO BONE

*Evita Verent Laude¹, Barry Yusuf Labdul² dan Rawiyah Husnan³

¹Teknik Sipil, Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia; ^{2,3}Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

*Corresponding Author, Received: Feb. 2023, Revised: Mei. 2023, Accepted: Jul. 2023

ABSTRACT: The location and number of rain stations in a watershed area are the main components in ensuring the availability of rainfall data. Evaluation of the rain station network density is needed to determine the condition of the distribution of rain stations and new rain stations recommendation. The research was conducted in the Bolango Bone watershed with 10 existing rain stations. Rainfall observation data in 7 years (2013-2019). The location and number of rain stations were analyzed using the Kagan-Rodda method based on the standards set by the WMO (World Meteorological Organization) of 100-250 km²/station. The result of the Kagan Method is the optimal number and pattern of placement of rain stations. The evaluation results from 10 stations in the Bolango Bone watershed showed that there were 3 stations, namely Pangi, Pinogu, and Sukamakmur, which did not meet the density of rain stations suggested by WMO. The correlation coefficient for monthly rainfall ranged from 0.4238-0.8351. This correlation value was the average of all rain stations in the Bolango Bone watershed. Based on the results of the Kagan-Rodda analysis, two recommendations were obtained. The first recommendation is to maintain the existing 10 stations with an average error $Z_1 = 4.12\%$, interpolation error $Z_2 = 9.24\%$, and the distance between stations $l = 14.58$ km, repositioning the rain stations to each vertex of the Kagan-Rodda triangle. The second recommendation is to add 4 new rain stations without repositioning the existing 10 rain stations with an average error $Z_1 = 3.45\%$, interpolation error $Z_2 = 8.93\%$, and distance between stations $l = 12.32$ km.

Keywords: Rainfall Station Density, WMO (World Meteorological Organization), Kagan- Rodda Method, Bolango Bone Watershed

1. PENDAHULUAN

Persiapan dan pengumpulan data curah hujan terdapat beberapa permasalahan yaitu: 1) Jumlah stasiun hujan yang tidak memadai; seperti pada daerah yang memiliki curah hujan yang tinggi akan tetapi jumlah stasiun hujannya sedikit dan sebaliknya pada daerah yang memiliki curah hujan rendah namun memiliki jumlah stasiun hujan yang banyak, 2) Kerapatan stasiun-stasiun hujan yang tidak memadai; seperti jarak antar stasiun hujan yang terlalu dekat ataupun terlalu jauh. Selain itu, kesulitan dalam mencari ketersediaan data curah hujan yang memadai, akurat dan berkesinambungan juga menjadi permasalahan dalam analisis hidrologi [1].

Kerapatan stasiun hujan dalam DAS merupakan salah satu faktor penting dalam analisis hidrologi, terutama yang menyangkut parameter hujannya. Penentuan jaringan stasiun hujan sangat kompleks, karena tidak dapat dilakukan secara instan, akan tetapi membutuhkan evaluasi yang terus menerus [2]. Jumlah dan letak stasiun hujan dalam DAS menjadi komponen utama terkait tersedianya data hujan yang berkualitas. Jumlah stasiun hujan perlu ditetapkan secara optimal, kerena jumlah stasiun hujan terlalu banyak akan berakibat pada waktu dan biaya untuk pemeliharaan serta operasional. Sebaliknya jumlah stasiun hujan

yang sedikit akan menghasilkan data curah hujan yang tidak mewakili kondisi sesungguhnya yang terjadi di DAS.

Penelitian ini menggunakan Metode Kagan-Rodda untuk menentukan kerapatan jaringan stasiun hujan di DAS Bolango Bone. Kerapatan jaringan stasiun hujan mengacu pada standar yang ditetapkan oleh *World Meteorological Organization (WMO)* sebesar 100-250 km²/stasiun. Rasionalisasi kerapatan jaringan stasiun hujan menggunakan Metode Kagan-Rodda diperoleh dengan menganalisis jarak dan sebaran stasiun hujan berdasarkan tingkat ketelitian dari jumlah stasiun hujan ideal dalam DAS.

Penelitian mengenai rasionalisasi stasiun hujan menggunakan Metode Kagan-Rodda pernah dilakukan pada tahun 2019 di Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane. Hasil rekomendasi Kagan-Rodda dengan tingkat kesalahan 10% diperoleh 23 stasiun hujan dengan jarak antar stasiun 16,23 km. Pada tingkat ketelitian 5% diperoleh 90 stasiun hujan dengan jarak antar stasiun 8,21 km [3].

Penelitian sejenis juga pernah dilakukan pada tahun 2020 di Wilayah Sungai Dumoga Sangkub untuk mengevaluasi sebaran pos hidrologi. Hasil analisa Kagan-Rodda menyatakan hanya 7 stasiun hujan yang memenuhi kriteria kagan, yaitu stasiun Pusian, Toraut, Andigile Buko, Bolangitan-Paku, Lolak-Solog, Moayat, Buyat-Buyat. Hasil analisa

Kagan juga merekomendasikan 19 titik stasiun baru yang tersebar di seluruh wilayah sungai [4].

Tujuan dari penelitian ini untuk mengevaluasi dan menentukan sebaran stasiun hujan yang ada di Bolango Bone berdasarkan standar *WMO* sekaligus rekomendasi jumlah stasiun ideal dengan memperhitungkan luas DAS Bolango Bone serta jarak dan penempatan stasiun hujan.

2. KAJIAN TEORITIS

2.1 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh pegunungan dimana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik/stasiun yang ditinjau. DAS ditentukan dengan menggunakan peta topografi yang dilengkapi dengan garis-garis kontur. Daerah yang dibatasi oleh garis yang menghubungkan titik-titik tertinggi tersebut adalah DAS [5].

2.2 Poligon Thiessen

Analisis hidrologi yang utama dilakukan adalah analisa terhadap data curah hujan tahunan dari stasiun hujan dalam DAS untuk mengevaluasi kerapatan jaringan. Di dalam analisis hidrologi, masukan hujan yang digunakan adalah curah hujan rerata DAS [6]. Metode Poligon Thiessen digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata. Hitungan curah hujan rerata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari setiap stasiun. Perhitungan hujan rerata kawasan dengan menggunakan Poligon Thiessen menggunakan Persamaan 1.

$$\bar{p} = \frac{A_1 p_1 + A_2 p_2 + \dots + A_n p_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (1)$$

dengan:

\bar{p} : hujan rerata kawasan,
 $p_1, p_2 \dots p_n$: hujan pada stasiun 1,2..., n,
 $A_1, A_2 \dots A_n$: luas daerah yang mewakili stasiun 1,2..., n.

2.3 Jaringan Pengukur Hujan

Hujan wilayah (*areal rainfall*) diperlukan untuk mengetahui jumlah air hujan yang ada di seluruh DAS (secara merata) dan yang pada akhirnya akan menuju ke sistem drainase DAS. Kerapatan jaringan adalah jumlah stasiun tiap satuan luas di dalam DAS. Kerapatan jaringan didasarkan pada aspek teknis di wilayah yang bersangkutan, agar tercapai kerapatan jaringan yang optimum sesuai kondisi ketelitian yang diinginkan [7]. Organisasi Meteorologi Dunia (*World Meteorological Organization, WMO*) memberikan pedoman kerapatan jaringan minimum beberapa daerah seperti ditunjukkan dalam Tabel 1.

Organization, WMO) memberikan pedoman kerapatan jaringan minimum beberapa daerah seperti ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1 Kerapatan Jaringan Stasiun Hujan *WMO*

Daerah	Kerapatan Jaringan Minimum (km ² /stasiun)
Daerah datar beriklim sedang, laut tengah dan tropis	
1. Kondisi normal	600-900
2. Daerah pegunungan	100-250
Pulau-pulau kecil bergunung (<20.000 km ²)	25
Daerah kering dan kutub	1.500-10.000

(Sumber: Triatmodjo, 2008)

2.4 Metode Kagan-Rodda

Penetapan jaringan stasiun hujan tidak hanya terbatas pada penetapan jumlah stasiun yang dibutuhkan dalam suatu DAS, namun tempat dan pola penyebarannya, petunjuk yang bersifat kualitatif diberikan oleh Rodda (1970), yaitu dengan memanfaatkan koefisien korelasi hujan [8]. Karakteristik Metode Kagan-Rodda adalah: 1) prosedur dan analisisnya sangat sederhana; 2) kebutuhan data yang dipasok oleh curah hujan yang tersedia stasiun bisa cukup; 3) bisa memberikan fenomena pola sebaran stasiun curah hujan dengan pasti [9]. Perhitungan Metode Kagan-Rodda ditunjukkan pada Persamaan 2 sampai Persamaan 5.

$$r_{(d)} = r_0 e^{-d/d_{(0)}} \quad (2)$$

$$Z_1 = C_v \sqrt{[1 - r_{(0)} + (0,23\sqrt{A}/d_{(0)})\sqrt{n}]/n} \quad (3)$$

$$Z_2 = C_v \sqrt{[1 - r_{(0)}/3 + 0,52r_o/d_o]\sqrt{A/n}} \quad (4)$$

$$l = 1,07 \sqrt{A/n} \quad (5)$$

dengan:

- $r_{(d)}$: koefisien korelasi untuk jarak d ,
- $r_{(0)}$: koefisien korelasi untuk jarak sangat dekat,
- C_v : koefisien variasi,
- d : jarak antar stasiun (km),
- $d_{(0)}$: radius korelasi,
- A : luas DAS (km²),
- n : jumlah stasiun,
- Z_1 : kesalahan perataan (%),
- Z_2 : kesalahan interpolasi (%),
- l : jarak antar stasiun.

Koefisien variasi (*variation coefficient*) adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi [10]. Koefisien variasi dapat dihitung dengan Persamaan 6 sampai Persamaan 8.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (6)$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (7)$$

$$C_v = \frac{S_d}{\bar{X}} \quad (8)$$

dengan:

\bar{X} : curah hujan rata-rata,

S_d : standar deviasi,

C_v : koefisien variasi.

2.5 Program ArcGIS

ArcGIS adalah suatu software yang dikembangkan oleh ESRI (*Environment Science and Research Institute*) yang merupakan kompilasi fungsi-fungsi dari berbagai macam *software GIS* yang bebeda seperti *GIS desktop*, *server*, *GIS berbasis web* [11].

3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini terletak pada stasiun-stasiun hujan yang ada di DAS Bolango Bone, Provinsi Gorontalo. DAS Bolango Bone termasuk pada Wilayah Sungai Limboto-Bolango-Bone dengan luas DAS 1.856,02 km². Lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



(Sumber: Google Earth)

Gambar 1 Lokasi penelitian

Lokasi stasiun hujan secara detail ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Lokasi Stasiun Hujan

Nama Stasiun	Letak		Keterangan
	Lintang Utara (LU)	Bujur Timur (BT)	
Boidu	00°37'42.600"	123°04'57.060"	Aktif
Longalo	00°39'46.200"	123°04'39.480"	Aktif
Dulamayo			
Selatan	00°42'10.200"	123°2'22.440"	Aktif
Alale	00°32'2.400"	123°10'20.280"	Aktif
Pangi	00°30'31.800"	123°14'47.160"	Aktif
Pinogu	00°30'14.148"	123°25'48.864"	Aktif
Sukamakmur	00°39'9.576"	123°10'41.808"	Aktif
Bunggalo	00°34'57.000"	123°1'47.100"	Aktif
Dumati	00°36'52.200"	123°02'28.680"	Aktif
Klimatologi Tumbihe	00°32'42.000"	123°05'38.040"	Aktif

(Sumber: Balai Wilayah Sungai Sulawesi II)

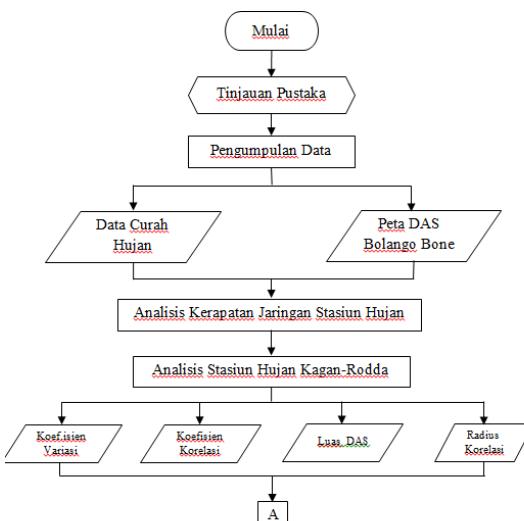
3.2 Pengumpulan Data

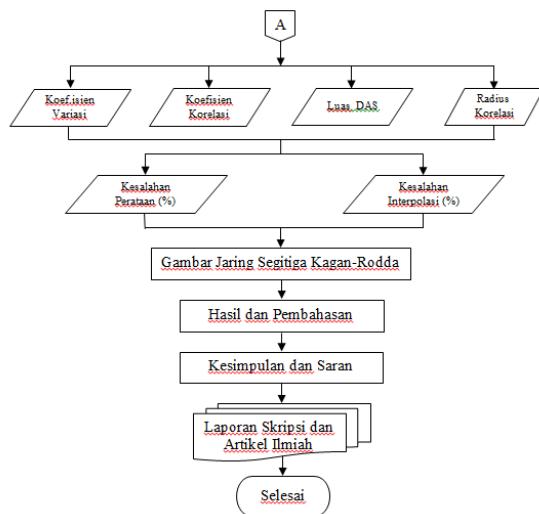
Data sekunder diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi II. Berikut data-data yang digunakan:

1. Peta DAS Bolango Bone dalam format .shp (*Shapefile*).
2. Data curah hujan meliputi 10 stasiun hujan dari tahun 2013-2019.
3. Koordinat stasiun hujan.

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dimulai dari analisis kerapatan jaringan WMO dengan membuat Poligon Thieszen dengan menggunakan software Arcgis 10.8 dan Analisis Stasiun hujan Kagan Rodda dengan menghitung nilai koefisien variasi, koefisien korelasi, kesalahan perataan dan kesalahan interpolasi. Tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.



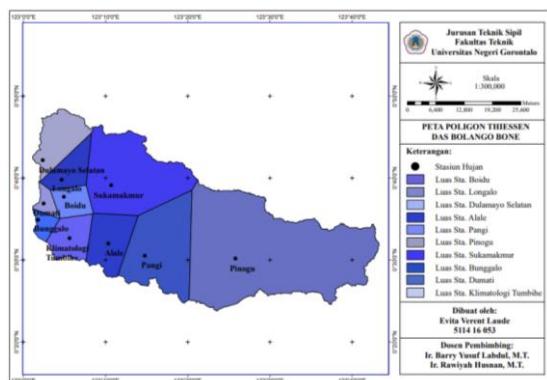


Gambar 2 Bagan Alir Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Kerapatan Stasiun Hujan

Perhitungan kerapatan jaringan stasiun hujan yang ada pada DAS Bolango Bone menggunakan metode Poligon *Thiessen*. Dalam penelitian ini digunakan software ArcGIS 10.8 sebagai alat bantu untuk menghitung luas daerah pengaruh tiap-tiap stasiun hujan untuk metode Poligon *Thiessen*. Luas daerah pengaruh yang diperoleh selanjutnya dicek dengan standar kerapatan stasiun hujan yang telah ditetapkan oleh *WMO* (Tabel 1). Berdasarkan pedoman tersebut, untuk daerah tropik seperti Indonesia diperlukan kerapatan jaringan minimum sebesar 100 – 250 km² tiap stasiun hujan. Peta Poligon *Thiessen* dan luas daerah pengaruh stasiun hujan ditunjukkan pada Gambar 3 dan Tabel 3.



Gambar 3 Peta Poligon *Thiessen* DAS Bolango Bone

Tabel 3 Luas Daerah Pengaruh Stasiun Hujan

Nama Stasiun	Luas Daerah Pengaruh (km ²)	Keterangan
Boidu	51,9	Memenuhi
Longalo	70,7	Memenuhi
Dulamayo Selatan	109,5	Memenuhi
Alale	113,2	Memenuhi
Panggi	267,2	Tidak Memenuhi
Pinogu	788,6	Tidak Memenuhi
Sukamakmur	328,3	Tidak Memenuhi
Bunggalo	25,2	Memenuhi
Dumati	22,8	Memenuhi
Klimatologi Tumbihe	78,7	Memenuhi

Berdasarkan hasil perhitungan luas dengan metode Poligon *Thiessen* pada DAS Bolango Bone menghasilkan luas daerah pengaruh yang bervariasi. Luas daerah pengaruh terbesar merupakan stasiun Pinogu sebesar 788,6 km² dan luas daerah pengaruh yang paling kecil merupakan stasiun Dumati sebesar 22,8 km². Berdasarkan Tabel 3 diketahui bahwa dari 10 stasiun hujan aktif terdapat 3 stasiun hujan yang tidak memenuhi kerapatan jaringan minimum berdasarkan Standar *WMO* yakni sebesar 100 – 250 km² / stasiun. Oleh karena itu, perlu dilakukan dilakukan rasionalisasi untuk mendapatkan sebaran dan jumlah stasiun hujan yang efektif.

4.2 Analisis Jaringan Kagan-Rodda

Perhitungan perencanaan Kagan-Rodda menggunakan data curah hujan bulanan. Berdasarkan data curah hujan bulanan dapat dihitung nilai koefisien korelasi $r_{(o)}$, standar deviasi dan koefisien variasi (Cv). Selanjutnya dapat dihitung nilai kesalahan perataan (Z_1), kesalahan interpolasi (Z_2), panjang sisi segitiga Kagan (l), maka dapat digambarkan jaringan Kagan-Rodda.

1. Korelasi antar Stasiun Hujan

Korelasi antar stasiun merupakan hubungan antara data curah hujan bulanan antara kedua stasiun sehingga diperoleh nilai koefisien korelasi (r). Nilai korelasi yang besar menunjukkan semakin kuat hubungan curah hujan antara kedua stasiun, sedangkan nilai korelasi yang kecil mengindikasikan lemahnya hubungan curah hujan antara kedua stasiun hujan. Koefisien korelasi antar stasiun ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Koefisien Korelasi antar Stasiun

Stasiun	Boidu	Longalo	Dulamayo Selatan	Alale	Pangi	Pinogu	Sukamakmur	Bunggalo	Dumati	Klimatologi Tumbihe
Boidu	1	0,828	0,696	0,698	0,740	0,526	0,558	0,655	0,817	0,728
Longalo		1	0,835	0,756	0,678	0,610	0,643	0,651	0,792	0,722
Dulamayo Selatan			1	0,726	0,644	0,607	0,591	0,640	0,762	0,599
Alale				1	0,731	0,540	0,610	0,686	0,787	0,650
Pangi					1	0,663	0,578	0,563	0,665	0,617
Pinogu						1	0,437	0,303	0,527	0,424
Sukamakmur							1	0,372	0,549	0,662
Bunggalo								1	0,712	0,662
Dumati									1	0,665
Klimatologi Tumbihe										1

Nilai koefisien korelasi terbesar diperoleh pada hubungan antar stasiun hujan Longalo dan stasiun Dulamayo selatan yaitu sebesar 0,8351. Nilai koefisien korelasi terkecil diperoleh pada hubungan antar stasiun Pinogu dan stasiun Bunggalo yaitu sebesar 0,3025.

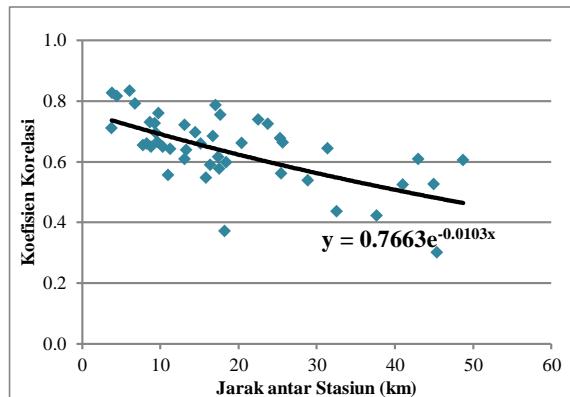
2. Jarak antar Stasiun Hujan

Jarak antar stasiun hujan di DAS Bolango Bone diperoleh menggunakan program *ArcGIS* 10.8 dengan *toolbar measure*. Jarak antar stasiun hujan ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Jarak antar Stasiun

Stasiun	Boidu	Longalo	Dulamayo Selatan	Alale	Pangi	Pinogu	Sukamakmur	Bunggalo	Dumati	Klimatologi Tumbihe
Boidu	0	3,84	9,45	14,46	22,53	41,04	10,99	7,79	4,48	9,32
Longalo		0	6,11	17,72	25,33	42,99	11,26	10,36	6,80	13,15
Dulamayo Selatan			0	23,76	31,42	48,70	16,38	13,35	9,77	18,47
Alale				0	8,71	28,90	13,10	16,75	17,08	8,81
Pangi					0	20,45	17,59	25,46	25,65	17,44
Pinogu						0	32,55	45,42	44,99	37,71
Sukamakmu r							0	18,26	15,82	15,16
Bunggalo								0	3,76	8,26
Dumati									0	9,66
Klimatologi Tumbihe										0

Hasil dari perhitungan koefisien korelasi dan jarak antar stasiun hujan dapat digambarkan dengan menggunakan grafik eksponensial untuk memperoleh parameter Kagan yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Hubungan Jarak antar Stasiun dan Koefisien Korelasi

Berdasarkan Gambar 4 diperoleh persamaan $r_{(0)} = 0,7663e^{-0.0103x}$. Nilai parameter Kagan diperoleh dari persamaan tersebut yang berpedoman dari rumus yang ditetapkan oleh Kagan. Nilai parameter untuk koefisien korelasi ($r_{(0)}$) adalah 0,7663 dan jarak stasiun yang menyebabkan korelasi berkurang ($d_{(0)}$) = $1/0,0103 = 97,0874$ km.

3. Koefisien Variasi

Nilai koefisien variasi hujan diperoleh dengan menggunakan data curah hujan bulanan dan selanjutnya dihitung standar deviasi dan rataratanya. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai koefisien variasi hujan sebesar (C_v) 0,25.

4. Kesalahan Perataan (Z_1) dan Kesalahan Interpolasi (Z_2)

Analisis selanjutnya untuk Metode Kagan-Rodda adalah menentukan nilai kesalahan perataan (Z_1), kesalahan interpolasi (Z_2), panjang sisi segitiga Kagan-Rodda (l), dan jumlah stasiun hujan ideal (n). Kagan-Rodda menyarankan kesalahan perataan (Z_1) maksimal 5%. Berdasarkan jaring-jaring segitiga Kagan-Rodda yang terbentuk, maka dibuat jaringan stasiun hujan baru pada DAS Bolango Bone berdasarkan petunjuk Kagan-Rodda. Hasil perhitungan untuk menentukan nilai Z_1 , Z_2 , dan l ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil Perhitungan Z_1 , Z_2 , dan l

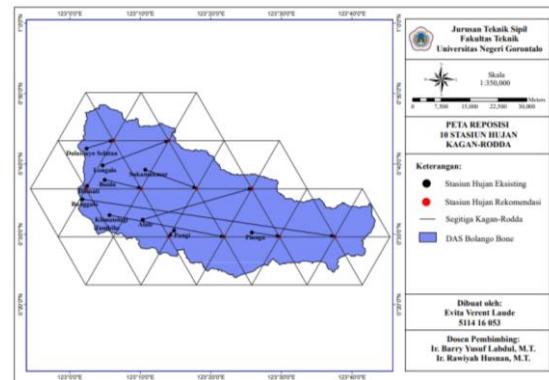
n	C _v	r ₍₀₎	A (km ²)	d ₍₀₎	Z ₁ (%)	Z ₂ (%)	l (km)
1	0,2	0,7	1856,0	97,0	14,63	12,75	46,10
	5	7	2	9			
2	0,2	0,7	1856,0	97,0	9,88	11,38	32,60
	5	7	2	9			
3	0,2	0,7	1856,0	97,0	7,89	10,71	26,61
	5	7	2	9			
4	0,2	0,7	1856,0	97,0	6,74	10,30	23,05
	5	7	2	9			
5	0,2	0,7	1856,0	97,0	5,97	10,01	20,62
	5	7	2	9			
6	0,2	0,7	1856,0	97,0	5,41	9,78	18,82
	5	7	2	9			
7	0,2	0,7	1856,0	97,0	4,98	9,61	17,42
	5	7	2	9			
8	0,2	0,7	1856,0	97,0	4,64	9,46	16,30
	5	7	2	9			
9	0,2	0,7	1856,0	97,0	4,36	9,34	15,37
	5	7	2	9			
1	0,2	0,7	1856,0	97,0	4,12	9,24	14,58
0	5	7	2	9			
1	0,2	0,7	1856,0	97,0	3,92	9,15	13,90
1	5	7	2	9			
1	0,2	0,7	1856,0	97,0	3,74	9,07	13,31
2	5	7	2	9			
1	0,2	0,7	1856,0	97,0	3,59	9,00	12,79
3	5	7	2	9			
1	0,2	0,7	1856,0	97,0	3,45	8,93	12,32
4	5	7	2	9			
1	0,2	0,7	1856,0	97,0	3,33	8,88	11,90
5	5	7	2	9			
1	0,2	0,7	1856,0	97,0	3,21	8,82	11,52
6	5	7	2	9			
1	0,2	0,7	1856,0	97,0	3,11	8,78	11,18
7	5	7	2	9			
1	0,2	0,7	1856,0	97,0	3,02	8,73	10,87
8	5	7	2	9			
1	0,2	0,7	1856,0	97,0	2,94	8,69	10,58
9	5	7	2	9			
2	0,2	0,7	1856,0	97,0	2,86	8,65	10,31
0	5	7	2	9			

5. Rekomendasi Stasiun Hujan

Berdasarkan hasil analisis Kagan-Rodda didapatkan 2 rekomendasi. Rekomendasi pertama adalah 10 stasiun dengan nilai kesalahan perataan $Z_1 = 4,12\%$, kesalahan interpolasi $Z_2 = 9,24\%$, dan jarak antar stasiun $l = 14,58$ km. Rekomendasi kedua adalah 14 stasiun hujan dengan nilai kesalahan perataan $Z_1 = 3,45\%$, kesalahan interpolasi $Z_2 = 8,93\%$ dan jarak antar stasiun $l = 12,32$ km.

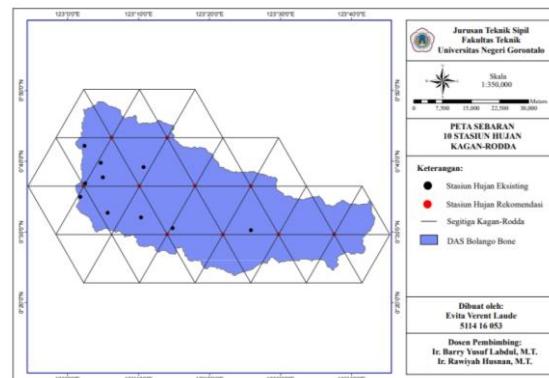
a. Rekomendasi 10 Stasiun Hujan

Berdasarkan hasil rekomendasi pertama didapat dengan melakukan reposisi 10 stasiun hujan eksisting. Rekomendasi reposisi 10 stasiun hujan ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Peta Reposisi 10 Stasun Hujan

Berdasarkan hasil rekomendasi pertama dengan 10 stasiun eksisting dilakukan reposisi stasiun hujan pada simpul-simpul segitiga Kagan-Rodda. Setelah melakukan pemindahan stasiun hujan berdasarkan rekomendasi dilakukan perhitungan luas daerah pengaruh tiap stasiun hujan menggunakan Metode Poligon Thiessen untuk mengecek apakah kerapatan jaringan stasiun hujan tersebut sudah sesuai dengan standar WMO. Luasan daerah pengaruh stasiun hujan ditunjukkan pada Gambar 6 dan Tabel 7.



Gambar 6 Peta Poligon Thiessen 10 Stasun Hujan

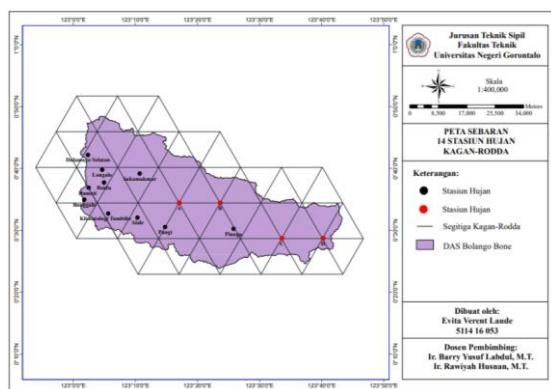
Tabel 7 Hasil Reposisi Stasiun Hujan

Nama Stasiun	Koordinat Stasiun Eksisting		Koordinat Stasiun Reposisi		Luas (km ²)	Ket.
	x	y	x	y		
Boidu	123,0825	0,6285	123,1683	0,6081	212,78	Memenuhi
Longalo	123,0776	0,6628	123,2335	0,7220	115,99	Memenuhi
Dulamayo Selatan	123,0396	0,7028	123,1028	0,7224	202,53	Memenuhi
Alale	123,1723	0,5340	123,4299	0,6081	142,18	Memenuhi
Pangi	123,2464	0,5088	123,2335	0,4943	172,68	Memenuhi
Pinogu	123,4302	0,5039	123,4951	0,4943	216,44	Memenuhi
Sukamakmur	123,1783	0,6527	123,2991	0,6085	195,06	Memenuhi
Bunggalo	123,0298	0,5825	123,6256	0,4944	238,20	Memenuhi
Dumati	123,0413	0,6145	123,0375	0,6082	136,84	Memenuhi
Klimatologi Tumbihe	123,0939	0,5450	123,3643	0,4939	223,33	Memenuhi

Berdasarkan Tabel 7 dapat diketahui bahwa seluruh stasiun hujan eksisting yang direpositori ke titik simpul segitiga Kagan-Rodda telah memenuhi standar kerapatan jaringan stasiun hujan menurut *WMO* yaitu sebesar 100-250 km²/stasiun.

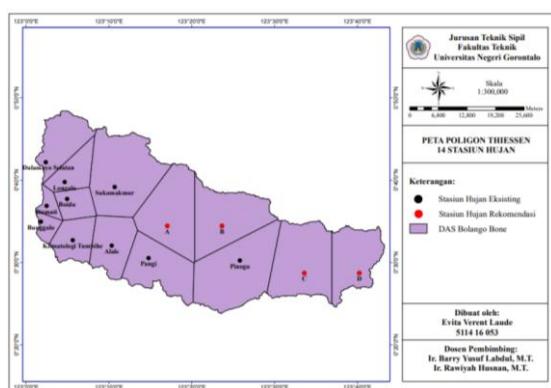
b. Rekomendasi 14 Stasiun Hujan

Berdasarkan hasil rekomendasi kedua didapat dengan melakukan penambahan 4 stasiun hujan baru pada simpul-simpul segitiga Kagan-Rodda tanpa merepositori 10 stasiun hujan eksisting. Rekomendasi 14 stasiun hujan ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Peta Sebaran 14 Stasiun Hujan

Setelah mendapatkan hasil rekomendasi dilakukan perhitungan luas daerah pengaruh tiap stasiun hujan menggunakan Metode Poligon *Thiessen* untuk mengecek apakah kerapatan jaringan stasiun hujan tersebut sudah sesuai dengan standar *WMO*. Luasan daerah pengaruh stasiun hujan ditunjukkan pada Gambar 8 dan Tabel 8.



Gambar 8 Peta Poligon *Thiessen* 14 Stasiun Hujan

Tabel 8 Hasil Rekomendasi Stasiun Hujan

Stasiun Hujan	Koordinat Stasiun		Luas (km ²)	Keterangan
	x	y		
Boidu	123,0825	0,6285	51,87	Memenuhi

Longalo	123,0776	0,6628	70,70	Memenuhi
Dulamayo Selatan	123,0396	0,7028	109,50	Memenuhi
Alale	123,1723	0,5340	110,39	Memenuhi
Pangi	123,2464	0,5088	151,16	Memenuhi
Pinogu	123,4302	0,5039	249,49	Memenuhi
Sukamakmur	123,1783	0,6527	247,02	Memenuhi
Bunggalo	123,0298	0,5825	25,19	Memenuhi
Dumati	123,0413	0,6145	22,80	Memenuhi
Klimatologi Tumbihe A (Rekomendasi)	123,0939	0,5450	78,70	Memenuhi
Klimatologi Tumbihe B (Rekomendasi)	123,2842	0,5738	194,87	Memenuhi
Klimatologi Tumbihe C (Rekomendasi)	123,3942	0,5738	193,55	Memenuhi
Klimatologi Tumbihe D (Rekomendasi)	123,5599	0,4783	210,35	Memenuhi
Klimatologi Tumbihe E (Rekomendasi)	123,6705	0,4783	140,44	Memenuhi

Berdasarkan Tabel 8 diketahui bahwa 14 stasiun hujan dengan 10 stasiun eksisting dan 4 stasiun rekomendasi telah memenuhi luasan daerah pengaruh yang distandarkan oleh *WMO*. Alternatif 14 stasiun hujan dapat dipilih agar tidak perlu dilakukan pemindahan (repositori) pada stasiun eksisting dan hanya menambah 4 stasiun baru pada simpul-segitiga Kagan-Rodda.

5. SIMPULAN

Simpulan yang didapat dari penelitian ini adalah:

- Hasil analisis jaring-jaring Kagan-Rodda diketahui bahwa stasiun hujan eksisting DAS Bolango Bone memiliki pola penyebarannya tidak merata.
- DAS Bolango Bone yang memiliki luas 1856,02 km² dengan 10 stasiun hujan eksisting terdapat 3 stasiun hujan yang tidak memenuhi ketentuan yang disyaratkan oleh *WMO* sebesar 100-250 km²/stasiun, yaitu: Stasiun Pangi, Stasiun Pinogu, dan Stasiun Sukamakmur.
- Hasil rasionalisasi kerapatan jaringan dan pola penyebaran stasiun hujan dengan Metode Kagan-Rodda, terdapat 2 rekomendasi yaitu:
 - Mempertahankan jumlah stasiun eksisting sebanyak 10 stasiun hujan dengan melakukan reposisi sesuai pola penyebaran yang disarankan oleh Kagan-Rodda. Penempatan 10 stasiun hujan dengan cara Kagan-Rodda didapat nilai $Z_1 = 4,12\%$, $Z_2 = 9,24\%$, dan $l = 14,58$ km.
 - Menambah 4 stasiun hujan baru tanpa melakukan reposisi terhadap stasiun hujan eksisting sehingga dalam DAS Bolango Bone terdapat 14 stasiun hujan. Penempaan 14 stasiun hujan dengan cara Kagan-Rodda didapat nilai $Z_1 = 3,45\%$, $Z_2 = 8,93\%$, dan $l = 12,32$ km.

6. REFERENCES

- [1] U. D. Lestari, S. Andajani and D. P. Hidayat, "Studi Kerapatan Jaringan Stasiun Hujan Di DAS Cisadane," *Konferensi Nasional Teknik Sipil 12*, pp. 55-64, 18-19 September 2018.
- [2] Z. R. Alfirman, L. M. Limantara and S. Wahyuni, "Rasionalisasi Kerapatan Pos Hujan Menggunakan Metode Kagan-Rodda di Sub Das Lesti," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. VII, no. 2, pp. 153-164, September 2019.
- [3] H. Prasetijo, L. Montarcih and L. Prasetyorini, "Analysis of Average Rainfall Using Kagan-Rodda," *Journal of Applied Sciences Research*, vol. 7, no. 3, pp. 309-313, 2011.
- [4] A. C. Harifa, M. Charis, 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] B. Triatmodjo, *Hidrologi Terapan*, Yogyakarta: Beta Offset, 2008.
- [6] R. Jayadi, *Hidrologi I, Pengenalan Hidrologi*, Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada, 2000.
- [7] E. Pratiwi and V. Darmawan, "Rasionalisasi Jaringan Stasiun Hujan Menggunakan Metode Kagan-Rodda dengan Memperhitungkan Faktor Topografi pada DAS Sarokah Kabupaten Sumenep (Pulau Madura, Jawa Timur)," *Tapak*, vol. 8, no. 1, pp. 79-90, 2018.
- [8] Sri Harto. Br, *Analisis Hidrologi*, Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama, 1993.
- [9] E. Prawati, Suhardjono, L. Montarcih and Rispiningtati, "The Distribution Pattern and Rain Station Density on Kemuning Watershed - Madura Island of Indonesia," *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, vol. 9, no. 11, pp. 371-375, 2015.
- [10] C. Asdak, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, 5 ed., Bandung: Gadjah Mada University Press, 2010.
- [11] A. P. Purba, "Rasionalisasi Jaringan Stasiun Hujan pada Daerah Aliran Sungai pada Aliran Kali Progo (Studi Kasus Daerah Aliran Sungai Kali Progo D.I. Yogyakarta)," Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta, 2016.

Copyright © Composite Journal. All rights reserved, including the making of copies unless permission is obtained from the copyright proprietors.