

EVALUASI DATABASE SUMBER DAYA AIR MENGGUNAKAN METODE KAGAN PADA SUNGAI-SUNGAI BESAR KABUPATEN BANYUWANGI DENGAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS

Zulis Erwanto¹⁾, Yuni Ulfiyati²⁾, Dadang Dwi P.³⁾, dan Siti Hadiyati⁴⁾

¹⁾ Dosen Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi, Jl. Raya Jember Km. 13 Labanasem Kabat Banyuwangi, e-mail: zulis.poliwangi@gmail.com

²⁾ Dosen Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi, Jl. Raya Jember Km. 13 Labanasem Kabat Banyuwangi, e-mail: yuni_ulfia@yahoo.co.id

³⁾ Dosen Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi, Jl. Raya Jember Km. 13 Labanasem Kabat Banyuwangi, e-mail: dadangdp@yahoo.com

⁴⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi, Jl. Raya Jember Km. 13 Labanasem Kabat Banyuwangi, e-mail: hadiyati204@gmail.com

Abstrak : Persebaran stasiun hujan di Kabupaten Banyuwangi tidak merata dan terlalu berhimpit sehingga perlu adanya rasionalisasi untuk merencanakan pola penyebaran dan kerapatan stasiun hujan pada beberapa DAS di Banyuwangi yang paling berpengaruh dalam perkembangan potensi di Kabupaten Banyuwangi. DAS yang di studi antara lain DAS Bomo, Kalibaru, Kalisetail, dan Tambong. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi persebaran stasiun hujan melalui rasionalisasi metode Kagan pada daerah aliran sungai-sungai besar Kabupaten Banyuwangi. Evaluasi rasionalisasi metode Kagan dengan data koordinat stasiun hujan dan data curah hujan harian dari beberapa tahun dengan bantuan program ArcView GIS, dan AutoCAD. Selain itu dalam menginput ke dalam sistem informasi geografis diperlukan analisis debit andalan untuk keperluan irigasi dan kebutuhan air bersih pada masing-masing DAS besar di Kabupaten Banyuwangi.

Berdasarkan analisis rasionalisasi stasiun hujan dengan Metode Kagan pada masing-masing DAS diambil derajat kepercayaan di bawah 5% sehingga pada DAS Bomo tingkat kesalahan perataan (Z_1) = 0,70%, kesalahan interpolasi (Z_2) = 0,97% dengan jumlah penakar hujan 8 buah dengan jarak $L = 4,46$ Km, dengan pergeseran 4 stasiun hujan dan 4 penambahan stasiun hujan baru, serta kesalahan relatif kala ulang 10 tahun diperoleh 23,152%. DAS Kalibaru $Z_1 = 0,54\%$, $Z_2 = 2,32\%$ dengan jumlah penakar hujan 14 buah dengan $L = 7,07$ Km, dengan pergeseran 10 stasiun hujan dan 4 penambahan stasiun hujan baru serta kesalahan relatif 0,236%. DAS Kalisetail $Z_1 = 0,30\%$, $Z_2 = 1,99\%$ dengan jumlah penakar hujan 23 buah dengan $L = 3,95$ Km, dengan pergeseran 8 stasiun hujan dan 15 penambahan stasiun hujan baru serta kesalahan relatif 5,707%. Kemudian DAS Tambong $Z_1 = 1,28\%$, $Z_2 = 4,90\%$ dengan jumlah penakar hujan 10 buah dengan $L = 4,60$ Km, dengan pergeseran 6 stasiun hujan dan 4 penambahan stasiun hujan baru serta kesalahan relatif 7,446%. Hasil neraca *supply* dan *demand* pada masing-masing DAS besar di Kabupaten Banyuwangi terjadi defisit air saat musim kemarau pada masing-masing sungai besar di Kabupaten Banyuwangi. Pada DAS Bomo terjadi defisit air sebesar $2,37 \text{ m}^3/\text{dt}$, DAS Tambong defisit air sebesar $3,9 \text{ m}^3/\text{dt}$, DAS Kalibaru defisit air sebesar $1,18 \text{ m}^3/\text{dt}$, dan DAS Kalisetail defisit air sebesar $22,06 \text{ m}^3/\text{dt}$. Direkomendasikan perlu adanya penambahan ataupun pergeseran letak stasiun hujan sesuai dengan koordinat simpul pada pola jaring-jaring Kagan dan adanya suatu pengelolaan sumber daya air berupa perencanaan embung atau waduk di masing-masing DAS besar Kabupaten Banyuwangi untuk menanggulangi kekurangan air bersih di Kabupaten Banyuwangi.

Kata kunci : DAS, Kebutuhan Air, Metode Kagan, Rasionalisasi, Stasiun Hujan.

The Evaluation of Water Resource Database Using Kagan Method on Major Rivers Banyuwangi With Geographic Information System

Abstract: Distribution of rainfall station in Banyuwangi was not even and too coincide so that the need for rationalization to plan the deployment pattern and density of rainfall stations in several watersheds in Banyuwangi most influential in the development of potential in Banyuwangi. The watershed in this study were Bomo, Kalibaru, Kalisetail, and Tambong. This study was aimed to evaluate the distribution of rainfall station through rationalization Kagan methods on the watershed of major rivers Banyuwangi. The evaluation of rationalization Kagan method was needed a rain station coordinate data and daily rainfall data from several years with used of ArcView GIS program, and AutoCAD. Additionally, to input into a geographic information system was required debit of mainstay analysis for irrigation and water supplies in each major watershed in Banyuwangi.

Based on the analysis of rainfall station rationalization with Kagan method on each watershed was taken confidence level below 5%, so at Bomo watershed error rate of smoothing (Z_1) = 0.70%, interpolation errors (Z_2) = 0.97% with a graduated amount of rain station have 8 point with a distance $L = 4.46$ Km, with a shift of 4

rain stations and 4 new additions of rain stations, as well as the relative error when 10 years period acquired 23.152%. The Kalibaru watershed have $Z1 = 0.54\%$, $Z2 = 2.32\%$ with a graduated amount of rain station 14 point with $L = 7.07$ Km, with a shift of 10 rain stations and 4 new additions rain station and the relative error of 0.236%. The Kalisetail watershed have $Z1 = 0.30\%$, $Z2 = 1.99\%$ with a graduated amount of rain station 23 point with $L = 3.95$ Km, with a shift of 8 rain stations and 15 new additions of rain stations as well as the relative error of 5.707%. Then Tambong watershed have $Z1 = 1.28\%$, $Z2 = 4.90\%$ with a graduated amount of rain station 10 point with $L = 4.60$ Km, with shift of 6 rain station and 4 new additions of rain station as well as relative error 7.446%. The results of the balance of supply and demand in each major watershed in Banyuwangi was deficit of water at summer season in each of the major rivers in Banyuwangi. In Bomo watershed was deficit of water amounted to $2.37 \text{ m}^3/\text{sec}$, Tambong watershed was deficit $3.9 \text{ m}^3/\text{sec}$, Kalibaru watershed was deficit amounted to $1.18 \text{ m}^3/\text{sec}$, and Kalisetail watershed was deficit $22.06 \text{ m}^3/\text{sec}$. The recommended was the needed for addition or shift location of the rain station in accordance with the coordinates rain knots in nets of Kagan patterns and the presence of a water resources management plan in the form of ponds or reservoirs in each major watershed Banyuwangi to overcome the deficit of clean water in Banyuwangi.

Keywords: Kagan Method, Rain Station, Rationalization, Watershed, Water Supplies.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan hasil survei dan data letak geografis yang diperoleh dari UPT Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Sampean Baru Kabupaten Bondowoso diketahui bahwa pola persebaran stasiun hujan di Kabupaten Banyuwangi tidak merata, ada yang terlalu berimpit dan ada yang berjauhan dalam satu daerah aliran sungai. Kondisi ini menyebabkan data curah hujannya tidak konsisten dan *realibel*. Menurut Erwanto (2013), pada beberapa wilayah di Kabupaten Banyuwangi terjadi perubahan tata guna lahan, sehingga mengakibatkan bertambahnya volume debit banjir pada saat musim penghujan. Hal ini dapat ditunjukkan dengan adanya perbedaan fluktuasi hidrograf banjir yang tinggi antara hidrograf banjir hasil analisis dari data curah hujan dengan hidrograf banjir AWLR (*Automatic Water Level Recorder*).

Penempatan stasiun penakar hujan pada umumnya didasarkan pada kebutuhan sesaat dan jangka menengah untuk kebutuhan sektoral, sehingga belum memperhatikan pengembangan sumber daya air secara menyeluruh. Hal ini dapat dimengerti karena penempatan stasiun tersebut pada awalnya memang dirancang agar dapat mudah dioperasikan dan mudah terjangkau. Kerapatan (*density*) stasiun hujan dalam DAS merupakan salah satu faktor penting dalam analisis hidrologi, terutama yang menyangkut parameter hujannya. Hal ini berkaitan dengan berapa besar sebaran dan kerapatan stasiun hujan dalam suatu wilayah sungai dapat memberikan data yang mewakili wilayah sungai tersebut berpengaruh terhadap tingkat kesalahan nilai rerata datanya.

Sungai-sungai di Kabupaten Banyuwangi yang memberikan kontribusi terbesar untuk kawasan pertanian, kehutanan dan suplai terhadap kebutuhan air bersih antara lain sungai Bomo, sungai Kalisetail, sungai Kalibaru dan sungai Tambong. Sungai-sungai tersebut akan dikaji dan dievaluasi berdasarkan persebaran stasiun hujan melalui analisis rasionalisasi metode Kagan.

1.2 Permasalahan

1. Bagaimana rasionalisasi sebaran stasiun hujan dengan Metode Kagan?
2. Bagaimana menganalisis dan mengevaluasi kebutuhan air dan sumber daya air pada daerah aliran sungai-sungai besar di Kabupaten Banyuwangi?
3. Bagaimana menginventarisasi *database* sumber daya air pada sungai-sungai besar di Banyuwangi dengan Sistem Informasi Geografis (SIG)?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk merasionalisasi sebaran stasiun hujan dengan Metode Kagan.
2. Untuk menganalisis dan mengevaluasi kebutuhan air dan sumber daya air pada daerah aliran sungai-sungai besar di Kabupaten Banyuwangi.
3. Untuk menginventarisasi *database* sumber daya air pada sungai-sungai besar di Banyuwangi dengan Sistem Informasi Geografis (SIG).

2. DASAR TEORI

2.1 Kerapatan Jaringan Stasiun Hujan

Kerapatan jaringan adalah jumlah stasiun tiap satuan luas didalam wilayah sungai. Semakin besar variasi hujan semakin banyak jumlah stasiun yang diperlukan, seperti misalnya didaerah pegunungan. Data hujan merupakan hal yang sangat penting dalam penentuan kualitas dan ketepatan perencanaan sumber daya air. Data hujan yang memiliki kesalahan yang minimum merupakan salah satu komponen penentu dalam hitungan selanjutnya. Dalam praktik setiap negara mempunyai cara tertentu dalam pengembangan jaringan stasiun hujan. Pada dasarnya terdapat empat persoalan yang perlu dijawab yaitu : bagaimana pengukuran akan dilakukan, berapa banyak tempat yang akan diukur, dimana tempat yang akan diukur dan berapa jaringan tetap atau sementara (Sri Harto, 1993).

Untuk mendapatkan besaran hujan yang dapat dipakai sebagai masukan dalam analisis debit dari wilayah sungai yang ditinjau diperlukan stasiun pengukur curah hujan yang memenuhi persyaratan baik jumlah maupun penyebarannya. Organisasi Meteorologi Dunia (*World Meteorological Organization*) memberikan pedoman kerapatan jaringan minimum di beberapa daerah seperti dalam **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Kerapatan Jaringan Stasiun Hujan Menurut WMO

Daerah	Kerapatan jaringan minimum (km ² /sta)
Daerah datar beriklim sedang	600-900
Laut tengah dan tropis	100-250
Kondisi normal, daerah pegunungan	25
Pulau-pulau kecil bergunung (< 20.000 km ²)	1.500-10.000

Sumber: Triatmodjo, 2008

2.2 Metode Kagan

Rasionalisasi adalah usaha untuk memperoleh jaringan hidrologi yang efisien, efektif, dan dapat mempresentasikan kondisi hidrologi wilayah sungai saat ini dan mendatang berdasarkan sebaran stasiun hujan (Sudono, 2011).

Dari berbagai cara penetapan jaringan pengukuran hujan, terdapat cara yang relatif sederhana, baik dalam hal kebutuhan data maupun prosedur hitungannya. Cara ini dikemukakan oleh Kagan (1967) yang memiliki keuntungan selain diketahui kebutuhan jumlah stasiun, sekaligus dapat memberikan pola penempatannya. Dengan metode ini kesalahan yang diinginkan dalam perhitungan jaringan dapat ditentukan dan jumlah serta pola penempatan stasiun hujan yang optimal dapat diperoleh. Data yang digunakan adalah data hujan bulanan karena apabila digunakan data hujan harian maka hasil yang didapatkan tidak rasional (Sri Harto, 2000). Penetapan jaringan pengukuran yang dikemukakan oleh Kagan (1967) pada dasarnya mempergunakan analisis statistik dengan mengaitkan kerapatan jaringan dengan kesalahan interpolasi dan kesalaan perataan (*interpolation error and averaging error*) (Sri Harto, 1993). Persamaan-persamaan yang dipergunakan adalah sebagai berikut :

$$r(d) = r(0)e^{-d/d_0} \tag{2.1}$$

$$Z_1 = C_v \sqrt{\frac{1 - r(0) + 0,23 \frac{\sqrt{A}}{d_0 \sqrt{N}}}{N}} \tag{2.2}$$

$$Z_2 = C_v \sqrt{\frac{1}{3} |1 - r(0)| + 0,52 \left| \frac{r(0)}{d_0} \right| \sqrt{\frac{A}{N}}} \tag{2.3}$$

$$L = 1,07 \sqrt{\frac{A}{N}} \tag{2.4}$$

Dengan :

- d = jarak antar stasiun (km),
- d_0 = radius korelasi, yaitu jarak dalam km dimana koefisien korelasi berkurang dengan faktor e,
- Z_1 = kesalahan perataan (%),
- Z_2 = kesalahan interpolasi (%),
- C_v = koefisien variasi,
- $r(0)$ = koefisien korelasi yang diekstrapolasikan untuk jarak 0 km,
- $r(d)$ = koefisien korelasi untuk jarak d km,
- A = luas DAS,
- N = jumlah stasiun hujan,
- L = jarak antar stasiun dalam segitiga sama sisi.

Koefisien variasi (*variation coefficient*) adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi. Koefisien variasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Asdak, 2004).

$$C_v = \frac{S}{\bar{x}} \tag{2.5}$$

Dengan :

- C_v = koefisien variasi
- S = deviasi standar
- \bar{x} = rata-rata hitung

Menetapkan jaringan awal dengan cara Kagan, dengan meminjam karakter hujan DAS lain terdekat sebagai acuan sementara. Selanjutnya apabila telah beroperasi beberapa lama, misalnya lima tahun, kemudian dievaluasi lagi dengan cara Kagan. Untuk pendekatan awal (Sri Harto, 2000) mengemukakan rumus berikut :

$$EH = 100,3187 N^{-0,5395} \tag{2.6}$$

$$EB = 22,4504 N^{-0,5231} \tag{2.7}$$

Dengan :

- EH = kesalahan perataan hujan harian, dalam %
- N = jumlah stasiun yang ada
- EB = kesalahan perataan hujan bulanan, dalam %

3. METODOLOGI

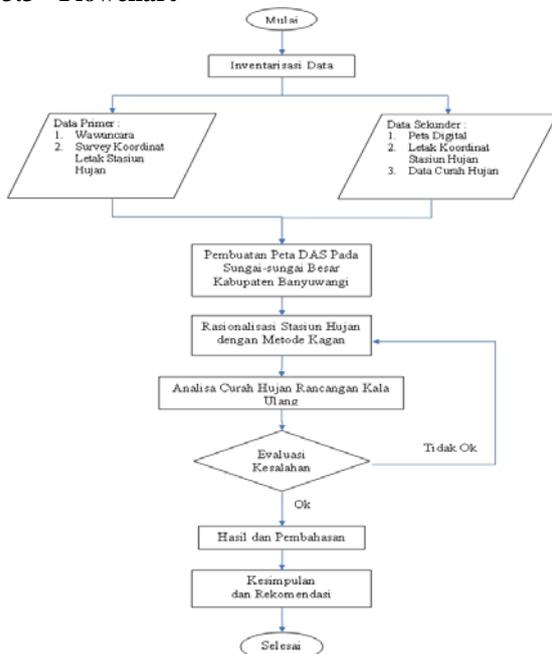
3.1 Pengumpulan Data

Data primer dengan melakukan wawancara dan survei penentuan koordinat stasiun hujan dengan GPS. Data sekunder diperoleh dari pengumpulan data-data curah hujan harian dari tahun 2004-2014, peta digital jaringan sungai, sebaran stasiun hujan, dan peta DAS Kab. Banyuwangi yang berasal dari Bappeda Kabupaten Banyuwangi, UPTD PSDA WS Sampean Baru Kabupaten Bondowoso, dan BMKG Kabupaten Banyuwangi.

3.2 Langkah Kerja

- Menghitung nilai koefisien variasi (C_v) berdasarkan data hujan baik harian maupun bulanan dari stasiun yang telah tersedia, sesuai dengan yang diperlukan.
- Mencari hubungan antara jarak antar stasiun dan koefisien korelasi, dimana korelasi hanya dilakukan untuk hari-hari atau bulan-bulan yang terjadi hujan di kedua stasiun.
- Hubungan yang diperoleh pada butir (b) digambarkan dalam sebuah grafik lengkung eksponensial, dimana dari grafik tersebut dapat diperoleh besaran $d(0)$ dengan menggunakan nilai rata-rata d dan $r(d)$.
- Dengan besaran tersebut, maka Z_1 dan Z_2 dapat diperoleh grafik hubungan antara jumlah stasiun dan ketelitian yang diperoleh baik untuk hujan harian maupun hujan bulanan. Atau sebaliknya, dicari grafik hubungan antara jumlah stasiun dengan besar kesalahan yang terjadi.
- Penempatan stasiun hujan dilakukan dengan menggambarkan jaring-jaring segitiga sama sisi pada DAS dengan panjang sisi sama dengan L , kemudian dilakukan penggeseran-penggeseran sedemikian rupa sehingga jumlah simpul segitiga dalam DAS sama dengan jumlah stasiun yang dihitung.

3.3 Flowchart

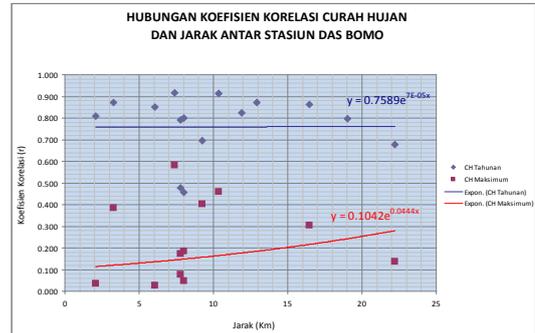


Gambar 3.1 Bagan Alir Pengerjaan Studi

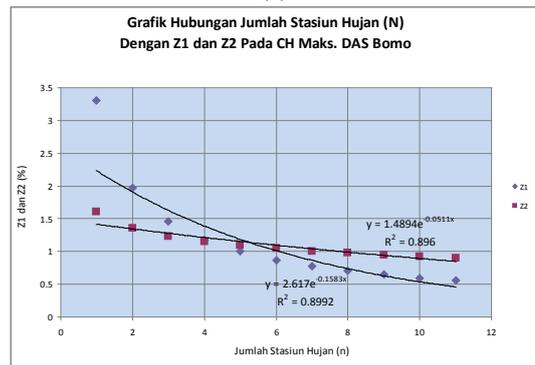
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Rasionalisasi Metode Kagan

4.1.1 DAS Bomo

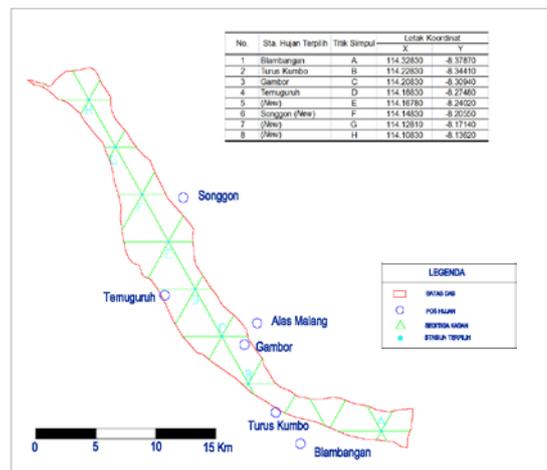


(a)



(b)

Gambar 4.1 (a) Hubungan Koefisien Korelasi dan Jarak Antar Stasiun DAS Bomo
(b) Hubungan Jumlah Stasiun (n) dengan Z_1 dan Z_2 Pada Curah Hujan Harian Maksimum DAS Bomo (Hasil Analisis, 2015)



Gambar 4.2 Evaluasi Perletakan Stasiun Hujan Metode Kagan DAS Bomo (Hasil Analisis, 2015)

Dapat ditentukan dari perletakan stasiun hujan Metode Kagan DAS Bomo dengan panjang jaringan, $L = 4,46$ Km, diketahui stasiun hujan yang terpilih 5 buah stasiun sebagai pendekatan evaluasi analisis curah hujan rancangannya, dan penambahan stasiun hujan 3 buah stasiun.

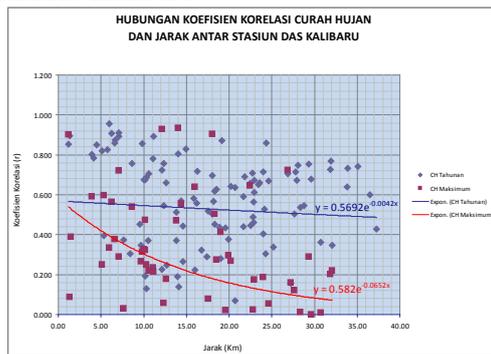
Tabel 4.1 Analisis Kesalahan Perletakan Stasiun Hujan DAS Bomo

N	Cv	r (o)	A (Km2)	d (o)	E(%)	Z1 (%)	Z2 (%)	L (Km)
1	0.42	0.1042	138.71	0.0444	100.32	3.307107	1.609977	4.46
2	0.42	0.1042	138.71	0.0444	69.02	1.972302	1.359519	
3	0.42	0.1042	138.71	0.0444	55.46	1.458463	1.232398	
4	0.42	0.1042	138.71	0.0444	47.49	1.177668	1.149953	
5	0.42	0.1042	138.71	0.0444	42.10	0.997862	1.090116	
6	0.42	0.1042	138.71	0.0444	38.16	0.87165	1.043747	
7	0.42	0.1042	138.71	0.0444	35.11	0.777563	1.006235	
8	0.42	0.1042	138.71	0.0444	32.67	0.704371	0.974948	
9	0.42	0.1042	138.71	0.0444	30.66	0.645597	0.94825	
10	0.42	0.1042	138.71	0.0444	28.97	0.597226	0.925064	
11	0.42	0.1042	138.71	0.0444	27.51	0.556626	0.90464	

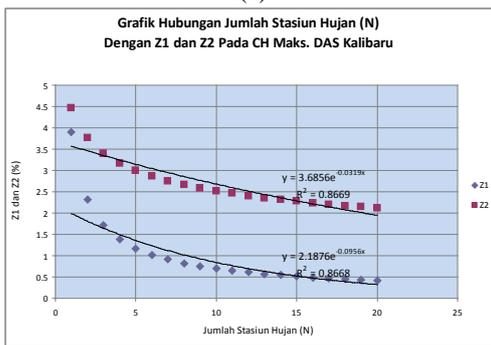
Sumber : Hasil Analisis, 2015

Sedangkan jumlah stasiun hujan Eksisting 6 buah stasiun. Jadi, ada 1 buah stasiun yang dialihkan yaitu stasiun hujan Alas Malang, karena jaraknya terlalu berhimpit dengan stasiun hujan Gabor dan jauh dari titik simpul Kagan. Untuk titik simpul F menggunakan pendekatan data curah hujan pada stasiun hujan Songgon, karena pada dasarnya stasiun hujan Songgon masuk di wilayah DAS Tambong.

4.1.2 DAS Kalibaru

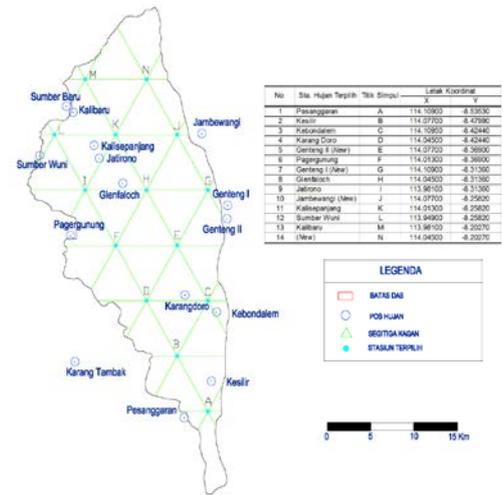


(a)



(b)

Gambar 4.3 (a) Hubungan Koefisien Korelasi dan Jarak Antar Stasiun DAS Kalibaru
(b) Hubungan Jumlah Stasiun (n) dengan Z₁ dan Z₂ Pada Curah Hujan Harian Maksimum DAS Kalibaru (Hasil Analisis, 2015)



Gambar 4.4 Evaluasi Perletakan Stasiun Hujan Metode Kagan DAS Kalibaru (Hasil Analisis, 2015)

Dapat ditentukan panjang jaring-jaring, L = 7,07 Km, diketahui stasiun hujan yang terpilih sebanyak 13 buah stasiun, dan penambahan stasiun hujan 1 buah stasiun. Sedangkan jumlah stasiun hujan eksisting 15 buah stasiun. Jadi, ada 1 buah stasiun yang dialihkan yaitu stasiun hujan Sumber Baru, karena jarak stasiun hujan tersebut yang terlalu berhimpit dengan stasiun hujan Kalibaru dan jarak stasiun hujan Sumber Baru jauh dengan titik simpul Kagan daripada stasiun hujan kalibaru sehingga tidak terpilih.

Tabel 4.2 Analisis Kesalahan Perletakan Stasiun Hujan DAS Kalibaru

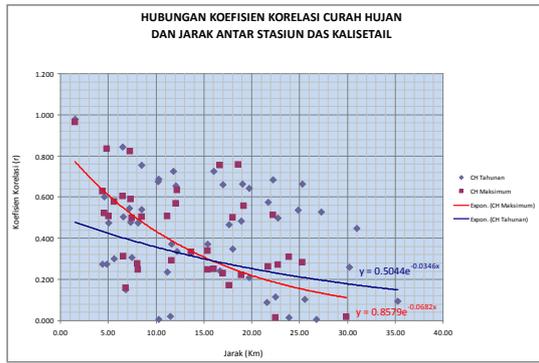
N	Cv	r (o)	A (Km2)	d (o)	E(%)	Z1 (%)	Z2 (%)	L (Km)
1	0.42	0.582	611.34	-0.0652	100.32	3.904631	4.470999	7.07
2	0.42	0.582	611.34	-0.0652	69.02	2.324	3.760591	
3	0.42	0.582	611.34	-0.0652	55.46	1.715916	3.398732	
4	0.42	0.582	611.34	-0.0652	47.49	1.383784	3.16339	
5	0.42	0.582	611.34	-0.0652	42.10	1.171194	2.992177	
6	0.42	0.582	611.34	-0.0652	38.16	1.022028	2.859223	
7	0.42	0.582	611.34	-0.0652	35.11	0.910866	2.751459	
8	0.42	0.582	611.34	-0.0652	32.67	0.824419	2.661417	
9	0.42	0.582	611.34	-0.0652	30.66	0.755022	2.584461	
10	0.42	0.582	611.34	-0.0652	28.97	0.697924	2.517521	
11	0.42	0.582	611.34	-0.0652	27.51	0.650012	2.458474	
12	0.42	0.582	611.34	-0.0652	26.25	0.60916	2.405787	
13	0.42	0.582	611.34	-0.0652	25.14	0.573858	2.358325	
14	0.42	0.582	611.34	-0.0652	24.16	0.543007	2.315225	
15	0.42	0.582	611.34	-0.0652	23.27	0.515783	2.275815	
16	0.42	0.582	611.34	-0.0652	22.48	0.491558	2.239562	
17	0.42	0.582	611.34	-0.0652	21.75	0.469844	2.206039	
18	0.42	0.582	611.34	-0.0652	21.09	0.450255	2.174896	
19	0.42	0.582	611.34	-0.0652	20.49	0.43248	2.145847	
20	0.42	0.582	611.34	-0.0652	19.93	0.416269	2.118651	

Sumber : Hasil Analisis, 2015

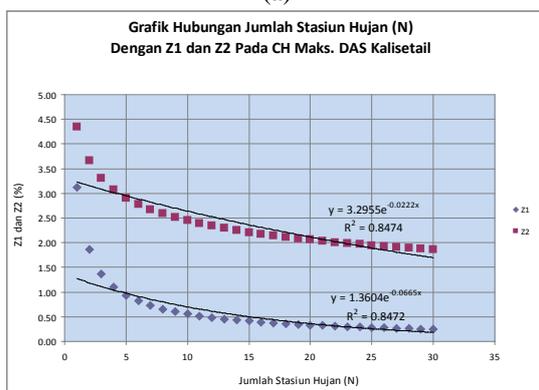
Untuk stasiun hujan Jambewangi, Genteng I, dan Genteng II digunakan sebagai data pendekatan untuk mencari curah hujan rancangan pada DAS Kalibaru yang pada dasarnya stasiun hujan tersebut merupakan stasiun hujan yang digunakan pada wilayah DAS Kalisetail, sehingga pada DAS Kalibaru seharusnya perlu penambahan 4 stasiun

hujan baru dan 10 pergeseran stasiun hujan lama sesuai dengan koordinat simpul Kagan.

4.1.3 DAS Kalisetail

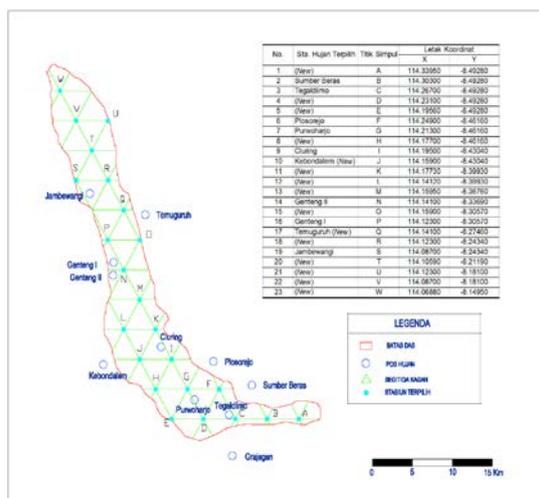


(a)



(b)

Gambar 4.5 (a) Hubungan Koefisien Korelasi dan Jarak Antar Stasiun DAS Kalisetail (b) Hubungan Jumlah Stasiun (n) dengan Z₁ dan Z₂ Pada Curah Hujan Harian Maksimum DAS Kalisetail (Hasil Analisis, 2015)



Gambar 4.6 Evaluasi Perletakan Stasiun Hujan Metode Kagan DAS Kalisetail (Hasil Analisis, 2015)

Dapat ditentukan panjang jaring-jaring, L = 3,95 Km, diketahui stasiun hujan yang terpilih 10 buah stasiun, dan penambahan stasiun hujan 13 buah

stasiun. Sedangkan jumlah stasiun hujan Eksisting 11 buah stasiun. Jadi, ada 1 buah stasiun yang dialihkan yaitu stasiun hujan Grajagan, karena jarak stasiun hujan tersebut jauh dari titik simpul Kagan.

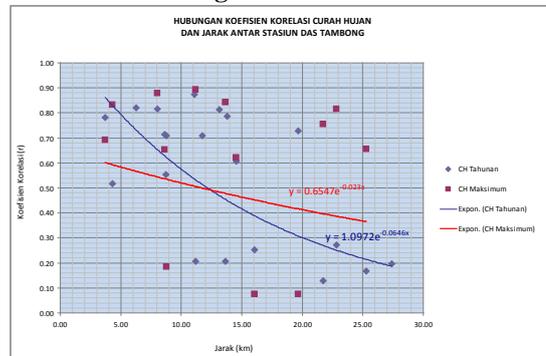
Tabel 4.3 Analisis Kesalahan Perletakan Stasiun Hujan DAS Kalisetail

N	Cv	r (o)	A (Km ²)	d (o)	E (%)	Z1 (%)	Z2 (%)	L (Km)
1	0.40	0.8579	313.41	-0.0682	100.32	3.13	4.35	
2	0.40	0.8579	313.41	-0.0682	69.02	1.86	3.66	
3	0.40	0.8579	313.41	-0.0682	55.46	1.37	3.31	
4	0.40	0.8579	313.41	-0.0682	47.49	1.11	3.08	
5	0.40	0.8579	313.41	-0.0682	42.10	0.94	2.91	
6	0.40	0.8579	313.41	-0.0682	38.16	0.82	2.78	
7	0.40	0.8579	313.41	-0.0682	35.11	0.73	2.67	
8	0.40	0.8579	313.41	-0.0682	32.67	0.66	2.59	
9	0.40	0.8579	313.41	-0.0682	30.66	0.60	2.51	
10	0.40	0.8579	313.41	-0.0682	28.97	0.56	2.45	
11	0.40	0.8579	313.41	-0.0682	27.51	0.52	2.39	
12	0.40	0.8579	313.41	-0.0682	26.25	0.49	2.34	
13	0.40	0.8579	313.41	-0.0682	25.14	0.46	2.29	
14	0.40	0.8579	313.41	-0.0682	24.16	0.43	2.25	
15	0.40	0.8579	313.41	-0.0682	23.27	0.41	2.21	
16	0.40	0.8579	313.41	-0.0682	22.48	0.39	2.18	
17	0.40	0.8579	313.41	-0.0682	21.75	0.37	2.14	
18	0.40	0.8579	313.41	-0.0682	21.09	0.36	2.11	
19	0.40	0.8579	313.41	-0.0682	20.49	0.34	2.08	
20	0.40	0.8579	313.41	-0.0682	19.93	0.33	2.06	
21	0.40	0.8579	313.41	-0.0682	19.41	0.32	2.03	
22	0.40	0.8579	313.41	-0.0682	18.93	0.31	2.01	
23	0.40	0.8579	313.41	-0.0682	18.48	0.30	1.99	
24	0.40	0.8579	313.41	-0.0682	18.06	0.29	1.97	
25	0.40	0.8579	313.41	-0.0682	17.67	0.28	1.95	
26	0.40	0.8579	313.41	-0.0682	17.30	0.27	1.93	
27	0.40	0.8579	313.41	-0.0682	16.95	0.27	1.91	
28	0.40	0.8579	313.41	-0.0682	16.62	0.26	1.89	
29	0.40	0.8579	313.41	-0.0682	16.31	0.25	1.88	
30	0.40	0.8579	313.41	-0.0682	16.01	0.25	1.86	

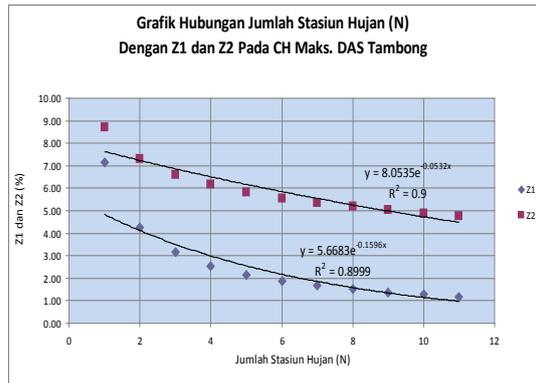
Sumber : Hasil Analisis, 2015

Untuk titik simpul J dan Q seharusnya merupakan stasiun hujan baru, karena pada dasarnya untuk stasiun hujan Kebondalem adalah masuk wilayah DAS Kalibaru dan pada stasiun hujan Temuguruh masuk wilayah DAS Bomo. Jadi, dapat disimpulkan bahwa untuk DAS Kalisetail pada dasarnya membutuhkan 15 stasiun hujan baru dan pergeseran 8 stasiun hujan lama sesuai dengan koordinat simpul Kagan.

4.1.4 DAS Tambong

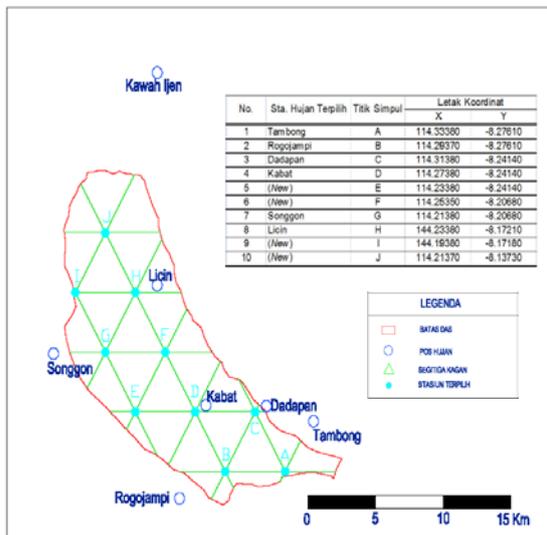


(a)



(b)

Gambar 4.7 (a) Hubungan Koefisien Korelasi dan Jarak Antar Stasiun DAS Tambong
(b) Hubungan Jumlah Stasiun (n) dengan Z₁ dan Z₂ Pada Curah Hujan Harian Maksimum DAS Tambong (Hasil Analisis, 2015)



Gambar 4.8 Perletakan Stasiun Hujan Metode Kagan DAS Tambong (Hasil Analisis, 2015)

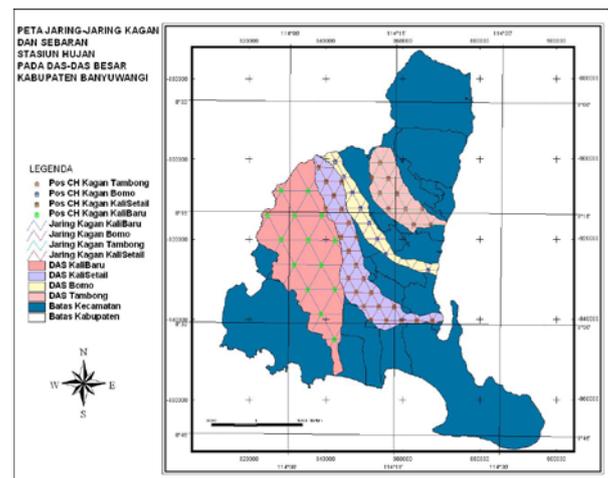
Dapat ditentukan panjang jaring-jaring, $L = 4,60$ Km, diketahui terdapat stasiun hujan yang terpilih 6 buah stasiun, dan penambahan 4 stasiun hujan. Sedangkan jumlah stasiun hujan eksisting ada 7 buah stasiun. Jadi, ada 1 buah stasiun yang dialihkan atau diabaikan yaitu stasiun hujan Kawah Ijen, karena jaraknya jauh dengan titik simpul Kagan, pergeseran 6 stasiun hujan sesuai koordinat titik simpul Kagan, dan 4 penambahan stasiun baru. Dilihat dari hasil jaring-jaring segitiga Kagan, maka dapat dilihat dari keempat DAS besar di Kabupaten Banyuwangi yang membutuhkan paling banyak penambahan stasiun hujan baru terletak pada DAS Kalisetail, tapi perlu ada kajian dan studi kelayakan lebih dalam lagi dari segi teknis, lokasi, medan, kondisi lingkungan, ekonomi, sosial dan budaya.

Tabel 4.4 Analisis Kesalahan Perletakan Stasiun Hujan DAS Tambong

N	Cv	r (o)	A (km ²)	d (o)	E (%)	Z1 (%)	Z2 (%)	L (km)
1	0.61	0.6547	184.78	-0.023	100.32	7.16	8.71	
2	0.61	0.6547	184.78	-0.023	69.02	4.26	7.32	
3	0.61	0.6547	184.78	-0.023	55.46	3.15	6.62	
4	0.61	0.6547	184.78	-0.023	47.49	2.54	6.16	
5	0.61	0.6547	184.78	-0.023	42.10	2.15	5.82	
6	0.61	0.6547	184.78	-0.023	38.16	1.87	5.57	4.60
7	0.61	0.6547	184.78	-0.023	35.11	1.67	5.36	
8	0.61	0.6547	184.78	-0.023	32.67	1.51	5.18	
9	0.61	0.6547	184.78	-0.023	30.66	1.38	5.03	
10	0.61	0.6547	184.78	-0.023	28.97	1.28	4.90	
11	0.61	0.6547	184.78	-0.023	27.51	1.19	4.78	

Sumber : Hasil Analisis, 2015

Daerah topografi di Kabupaten Banyuwangi sangat relief dan terletak di lereng Gunung Ijen dan mayoritas dikelilingi daerah pesisir. Setiap lokasi atau wilayah sangat berbeda kondisi cuaca dan karakteristik hidrologinya sehingga jika memungkinkannya semakin banyak dan rata persebarannya stasiun hujannya setidaknya-tidaknya bisa mewakili kondisi hidrologi sebenarnya dari masing-masing DAS tersebut.



Gambar 4.9 Peta Jaringan-jaring Kagan pada Empat DAS Besar Kabupaten Banyuwangi (Hasil Analisis, 2015)

4.1 Kesalahan Relatif

Tabel 4.5 Kesalahan Relatif Curah Hujan Rancangan Pada DAS Bomo

No	Kala Ulang (Tahun)	Curah Hujan Rancangan		Kesalahan Relatif (%)
		Jaringan Existing (mm)	Jaringan Kagan (mm)	
1	1	39	28	29.40
2	2	52	48	9.04
3	5	71	66	7.15
4	10	89	81	8.64
5	20	113	100	11.68
6	25	118	104	12.28
7	30	127	110	13.48
8	50	146	123	15.66
9	100	180	145	19.33
10	200	222	171	23.15

Sumber : Hasil Perhitungan, 2015

Tabel 4.6 Kesalahan Relatif Curah Hujan Rancangan Pada DAS Kalibaru

No	Kala Ulang (Tahun)	Curah Hujan Rancangan Jaringan Existing	Curah Hujan Rancangan Jaringan Kagan	Kesalahan Relatif (%)
		(mm)	(mm)	
1	1	7	8	9.74
2	2	30	31	4.41
3	5	43	43	1.43
4	10	50	49	0.24
5	20	55	54	1.72
6	25	57	56	2.02
7	30	58	57	2.42
8	50	61	59	3.16
9	100	65	62	4.21
10	200	68	65	5.14

Sumber : Hasil Perhitungan, 2015

Tabel 4.7 Kesalahan Relatif Curah Hujan Rancangan Pada DAS Kalisetail

No	Kala Ulang (Tahun)	Curah Hujan Rancangan Jaringan Existing	Curah Hujan Rancangan Jaringan Kagan	Kesalahan Relatif (%)
		(mm)	(mm)	
1	1	8	9	12.299
2	2	34	36	5.126
3	5	48	50	5.238
4	10	55	59	5.707
5	20	62	66	6.406
6	25	63	67	6.547
7	30	65	69	6.782
8	50	68	73	7.221
9	100	72	78	7.882
10	200	76	82	8.570

Sumber : Hasil Perhitungan, 2015

Tabel 4.8 Kesalahan Relatif Curah Hujan Rancangan Pada DAS Tambong

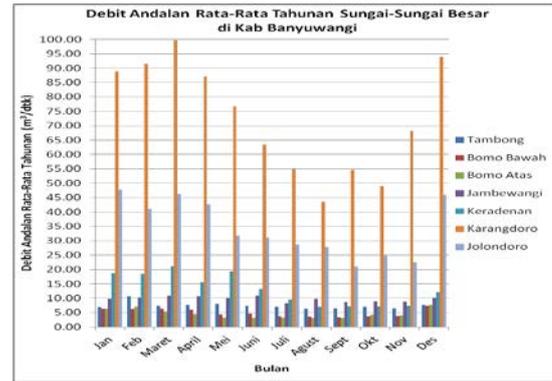
No	Kala Ulang (Tahun)	Curah Hujan Rancangan Jaringan Existing	Curah Hujan Rancangan Jaringan Kagan	Kesalahan Relatif (%)
		(mm)	(mm)	
1	1	13	15	14.806
2	2	40	45	13.482
3	5	65	71	10.018
4	10	86	92	7.446
5	20	111	117	4.861
6	25	117	123	4.352
7	30	127	131	3.566
8	50	145	148	2.123
9	100	177	177	0.082
10	200	213	208	2.231

Sumber : Hasil Perhitungan, 2015

Dari **Tabel 4.5 s.d 4.8** diketahui kesalahan relatif pada DAS Bomo untuk perencanaan curah hujan rancangan kala ulang 10 tahun diperoleh kesalahan relatif sebesar 8,64%. DAS Kalibaru curah hujan rancangan kala ulang 10 tahun diperoleh kesalahan relatif sebesar 0,24%. DAS Kalisetail curah hujan rancangan kala ulang 10 tahun diperoleh kesalahan relatif sebesar 5,707%. Pada DAS Tambong untuk perencanaan curah hujan rancangan kala ulang 10 tahun diperoleh kesalahan relatif sebesar 7,446%.

4.2 Verifikasi Debit Andalan

Debit andalan sungai-sungai besar di Kabupaten Banyuwangi rata-rata dapat memenuhi kebutuhan air irigasi pada bulan Desember-Mei, sedangkan pada bulan Juni-November debit air tidak mampu/memenuhi kebutuhan air irigasi.



Gambar 4.10 Grafik Debit Andalan Rata-Rata Tahunan Sungai-Sungai Besar di Kab. Banyuwangi (Hasil Analisis, 2015)

Tabel 4.9 Hasil Verifikasi Debit Andalan dengan Metode MSE

No	Sungai	Qa (m³/dtk)	Qo (m³/dtk)	MSE (%)
1	Tambong	7,42	6,58	1,629 %
2	Bomo Bawah	4,98	4,53	0,986 %
3	Bomo Atas	4,59	4,26	0,600 %
4	Jambewangi	9,80	9,38	0,200 %
5	Keradenan	13,22	12,42	0,415 %
6	Karangdoro	72,61	64,10	1,762 %
7	Jolondoro	34,28	32,05	0,484 %
Rerata		20,98	19,05	0,868 %

Sumber : Hasil Perhitungan, 2015

Jadi, dapat dikatakan data debit yang tersedia bisa dikatakan *realible* atau sesuai dengan kondisi di lapangan, karena memiliki nilai MSE sebesar 0,868% terhadap debit observasi hasil pengukuran.

4.3 Kebutuhan Air

Dilihat dari hasil neraca *supply* dan *demand* pada masing-masing DAS besar di Kabupaten Banyuwangi terjadi defisit air saat musim kemarau pada masing-masing sungai besar di Kabupaten Banyuwangi. Pada DAS Bomo saat musim kemarau terjadi defisit air sebesar 2,37 m³/dt, DAS Tambong saat musim kemarau terjadi defisit air sebesar 3,9 m³/dt, DAS Kalibaru saat musim kemarau terjadi defisit air sebesar 1,18 m³/dt, dan DAS Kalisetail saat musim kemarau terjadi defisit air sebesar 22,06 m³/dt. Jadi, tingkat kebutuhan air bersih di Kabupaten Banyuwangi rata-rata sangat tinggi sedangkan tingkat pemasok air bersih pada masing-masing sungai besar di Kabupaten Banyuwangi sangat terbatas. Oleh karena itu, perlu adanya suatu pengelolaan sumber daya air dan perencanaan embung atau waduk di masing-masing DAS besar Kabupaten Banyuwangi untuk menanggulangi kekurangan air bersih di Kabupaten Banyuwangi.

Tabel 4.10 Necara Kebutuhan dan Pemasokan Air Pada Masing-Masing DAS

No.	DAS	Q Supply Rata-Rata (m ³ /dt)	Q Demand (m ³ /dt)	ΔQ (m ³ /dt)
1	Bomo	4.98	7.35	-2.37
2	Tambong	7.42	11.32	-3.9
3	Kalibaru	72.61	73.79	-1.18
4	Kalisetail	13.22	35.28	-22.06

Sumber : Hasil Analisis, 2015

5. SIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi pada sungai-sungai besar di Kabupaten Banyuwangi menggunakan rasionalisasi metode Kagan dengan diambil derajat kepercayaan dibawah 5%, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Daerah Aliran Sungai Bomo
 - a. Pada DAS Bomo dengan luas $A = 138,71 \text{ Km}^2$ tingkat kesalahan perataan (Z_1) = 0,70%, kesalahan interpolasi (Z_2) = 0,97% dengan jumlah penakar hujan 8 buah dengan jarak $L = 4,46 \text{ Km}$, dan kesalahan relatif kala ulang 10 tahun diperoleh 23,152%.
 - b. DAS Bomo terdapat 8 titik koordinat stasiun hujan baru dengan pergeseran 4 stasiun hujan Blambangan, Turus Kumbo, Gabor, dan Temuguruh. Selain itu juga ada 4 penambahan stasiun hujan baru salah satunya pengganti stasiun hujan Songgon, karena stasiun hujan Songgon masuk dalam wilayah DAS Tambong.
 - c. Debit andalan DAS Bomo sebagai *water supply* sebesar $4.98 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan kebutuhan air bersih sebagai *water demand* sebesar $7.35 \text{ m}^3/\text{dt}$, sehingga saat musim kemarau terjadi defisit air sebesar $2,37 \text{ m}^3/\text{dt}$.
 2. Daerah Aliran Sungai Tambong
 - a. DAS Tambong luas $A = 184,78 \text{ Km}^2$, tingkat kesalahan perataan (Z_1) = 1,28%, kesalahan interpolasi (Z_2) = 4,90% dengan jumlah penakar hujan 10 buah dengan $L = 4,60 \text{ Km}$, dan kesalahan relatif kala ulang 10 tahun diperoleh 7,446%.
 - b. DAS Tambong terdapat 10 titik koordinat stasiun hujan baru dengan merekomendasikan pergeseran 6 stasiun hujan sesuai koordinat titik simpul Kagan yaitu Tambong, Rogojampi, Dadapan, Kabat, Songgon, dan Licin. Selain itu juga ada 4 penambahan stasiun hujan baru.
 - c. Debit andalan DAS Tambong sebagai *water supply* sebesar $7.42 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan kebutuhan air bersih sebagai *water demand* sebesar $11.32 \text{ m}^3/\text{dt}$, sehingga saat musim kemarau terjadi defisit air sebesar $3,9 \text{ m}^3/\text{dt}$.
 3. Daerah Aliran Sungai Kalibaru
 - a. Pada DAS Kalibaru luas $A = 611,34 \text{ Km}^2$, tingkat kesalahan perataan (Z_1) = 0,54%, kesalahan interpolasi (Z_2) = 2,32% dengan jumlah penakar hujan 14 buah dengan $L = 7,07 \text{ Km}$, dan kesalahan relatif kala ulang 10 tahun diperoleh 0,236%.
 - b. DAS Kalibaru terdapat 14 titik koordinat stasiun hujan baru dengan merekomendasikan pergeseran 10 stasiun hujan sesuai koordinat titik simpul Kagan yaitu Pasanggaran, Kesilir, Kebondalem, Karangdoro, Pagergunung, Glenfaloch, Jatirono, Kalisepanjang, Sumberwuni, dan Kalibaru. Selain itu juga ada 4 penambahan stasiun hujan baru salah satunya pengganti stasiun hujan Genteng II, Genteng I, dan Jambewangi, karena ketiga stasiun hujan tersebut masuk dalam wilayah DAS Kalisetail.
 - c. Debit andalan DAS Kalibaru sebagai *water supply* sebesar $72.61 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan kebutuhan air bersih sebagai *water demand* sebesar $73.79 \text{ m}^3/\text{dt}$, sehingga saat musim kemarau terjadi defisit air sebesar $1,18 \text{ m}^3/\text{dt}$.
 4. Daerah Aliran Sungai Kalisetail
 - a. Pada DAS Kalisetail luas $A = 313,41 \text{ Km}^2$, tingkat kesalahan perataan (Z_1) = 0.30%, kesalahan interpolasi (Z_2) = 1,99% dengan jumlah penakar hujan 23 buah dengan $L = 3,95 \text{ Km}$, dan kesalahan relatif kala ulang 10 tahun diperoleh 5,707%.
 - b. DAS Kalisetail terdapat 23 titik koordinat stasiun hujan baru dengan merekomendasikan pergeseran 8 stasiun hujan sesuai koordinat titik simpul Kagan yaitu Sumberberas, Tegaldlimo, Plosorejo, Purwoharjo, Cluring, Genteng II, Genteng I, dan Jambewangi. Selain itu juga ada 15 penambahan stasiun hujan baru salah satunya pengganti stasiun hujan Kebondalem, dan Temuguruh, karena stasiun hujan Temuguruh masuk dalam wilayah DAS Bomo dan stasiun hujan Kebondalem masuk wilayah DAS Kalibaru.
 - c. Debit andalan DAS Kalisetail sebagai *water supply* sebesar $13.22 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan kebutuhan air bersih sebagai *water demand* sebesar $35.28 \text{ m}^3/\text{dt}$, sehingga saat musim kemarau terjadi defisit air sebesar $22,06 \text{ m}^3/\text{dt}$.
- Direkomendasikan perlu adanya penambahan ataupun pergeseran letak stasiun hujan sesuai dengan koordinat simpul pada pola jaring-jaring Kagan sehingga data lebih akurat dan bisa mewakili kondisi DAS yang sebenarnya dan dapat digunakan sebagai *pilot project* pemerintah daerah Kabupaten Banyuwangi. Selain itu, perlu adanya kajian tentang perencanaan hidrograf banjir sungai dari hasil rancangan Metode Kagan. Perlu adanya suatu pengelolaan sumber daya air dan perencanaan embung atau waduk di masing-masing DAS besar Kabupaten Banyuwangi untuk menanggulangi kekurangan air bersih di Kabupaten Banyuwangi. Selain itu untuk penelitian selanjutnya perlu adanya

kajian tentang perencanaan hidrograf banjir sungai dari hasil rancangan Metode Kagan.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Erwanto, Zulis, (2013), *Studi Optimasi Penggunaan Lahan Dalam Pengelolaan DAS Tambong Banyuwangi Berdasarkan HSS US SCS*, Penelitian Dosen Pemula DIKTI, Politeknik Negeri Banyuwangi, Banyuwangi.
2. Erwanto, Zulis, (2014), *Evaluasi Hidrograf Banjir Dengan Artificial Neural Network Dalam Menganalisa Hujan – Aliran Di Sungai-Sungai Besar Kabupaten Banyuwangi*, Penelitian Dosen Pemula DIKTI, Politeknik Negeri Banyuwangi, Banyuwangi.
3. Hadisusanto, Nugroho, (2010), *Aplikasi Hidrologi*, Jogja Mediautama, Malang.
4. Soemarto, CD, (1986), *Hidrologi Teknik*, Usaha Nasional, Surabaya.
5. Sri Harto Br, (1993), *Analisis Hidrologi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
6. Sri Harto Br, (2000), *Hidrologi (Teori, Masalah, dan Penyelesaian)*, Nafiri Offset, Yogyakarta.
7. Triatmodjo, Bambang, (2008), *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta.
8. Triatmodjo, Bambang, (2010), *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta.