

## ANALISIS POLA PENEMPATAN DAN JUMLAH STASIUN HUJAN BERDASARKAN PERSAMAAN KAGAN PADA DAS KEDUANG WADUK WONOGIRI

Putu Gustave Suriantara Pariarta

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar

E-mail : gustave\_sp@yahoo.co.id

**Abstrak:** Ketelitian pengukuran hujan dipengaruhi oleh jumlah stasiun hujan (*rainfall networks*) dan pola penyebarannya di dalam DAS. Penempatan stasiun hujan yang tepat baik lokasi, jumlah stasiun hujan, pola penyebarannya akan dapat diperoleh data yang akurat mengenai kedalaman, penyebaran dan intensitas hujannya. Selama ini belum terdapat pedoman baku tentang jumlah stasiun hujan yang dipandang cukup mewakili variabilitas curah hujan di suatu DAS sehingga melihat hal tersebut diperlukan perhitungan yang mendasari jumlah dan penempatan stasiun hujan yang optimal. Untuk pengukuran kerapatan jaringan untuk tiap-tiap DAS digunakan metode Kagan dikarenakan jumlah stasiun hujan yang optimal dan pola penempatannya dapat diperoleh. Perhitungan kerapatan jaringan dengan metode Kagan ini dimulai dengan menentukan koefisien korelasi antar stasiun hujan untuk masukan (*input*) hujan bulanan, dalam melakukan analisis ini dihindarkan adanya “*complete dry days*”, jadi hanya untuk hari-hari atau bulan-bulan basah yang mempunyai intensitas hujan yang besar yang dikorelasikan. Evaluasi jaringan kagan menunjukkan keluaran (*output*) yaitu pertama hubungan antara jumlah stasiun hujan yang dibutuhkan dengan tingkat kesalahan tertentu (kesalahan perataan dan kesalahan interpolasi), dan kedua lokasi stasiun hujan sesuai dengan pola jaringan tertentu. Keluaran dari perhitungan dengan metode Kagan ini adalah jumlah dan pola penempatan stasiun hujan yang optimal. Hasil analisis menunjukkan terdapat kekurangan jumlah stasiun hujan baik dengan kesalahan perataan 5 % dengan jumlah stasiun hujan sebanyak 68 buah dimana jarak antar simpul 2,591 Km dan kesalahan perataan 10 % dengan jumlah stasiun hujan 17 buah dimana jarak antar simpul 5,319 Km.

**Kata kunci :** stasiun hujan, metode kagan, kesalahan perataan

**Abstract :** Precipitation measurement accuracy is affected by the amount of rainfall stations and the network pattern within basin area. The precise placement of rainfall stations considering location, amount of rainfall stations, network pattern will contribute to the data accuracy of rainfall depth, spreads and rainfall intensity. There is no standard yet for the number of rainfall stations that can represent rainfall variability in watershed, so to obtain the optimal number and network pattern of rainfall stations must based on calculation. The measurement for network density of rainfall stations is calculated using Kagan method because using this method the optimal number and network pattern can be obtained. The calculation begins with determining the correlation coefficient between rainfall stations as an input to monthly rainfall. In this stage, the complete dry days were not counted, but only wet days or months with high rainfall intensity. The evaluation of Kagan method produced first output which is the correlation between number of the required rainfall station with certain level of error (average error and interpolation error) and the second which is the location of rainfall station refers to a certain pattern. The output from Kagan method is the optimal number and network pattern of rainfall station. The analysis shows that there is lacks of rainfall station both by adjustment error of 5 % using 68 rainfall stations with 2,591 km bond length and adjustment error of 10 % using 17 rainfall stations 17 with 5,319 km bond length.

**Key words :** Rainfall station, Kagan method, adjustment error

## PENDAHULUAN

Penetapan debit banjir rancangan ditetapkan melalui prosedur analisis hidrologi yang didasarkan pada hasil kajian terhadap data curah hujan dan beberapa sifat fisik DAS yang mempengaruhi proses pengalirragaman hujan menjadi aliran.

Agar besaran hujan benar-benar mewakili kedalaman hujan sebenarnya yang terjadi di seluruh DAS diperlukan stasiun hujan dengan jumlah dan kerapatan tertentu sehingga dapat mewakili besaran hujan di DAS tersebut. Jaringan stasiun hujan harus direncanakan sesuai dengan keperluan kemanfaatan data curah hujan yang akan dikumpulkan. Di wilayah yang telah berkembang dengan tingkat kepadatan yang tinggi, jumlah alat penakar hujan yang diperlukan juga seharusnya lebih banyak. Hal ini disebabkan karena tingkat perkembangan pembangunan yang berlangsung di tempat tersebut menuntut informasi tentang curah hujan yang lebih akurat dibandingkan dengan wilayah kurang atau belum berkembang dengan tingkat kepadatan penduduk rendah. Sebaliknya, wilayah dengan tingkat kepadatan penduduk rendah tetapi memiliki proyek pembangunan yang strategis, misalnya proyek pembangkit listrik tenaga air (PLTA), maka akurasi data hujan yang diperlukan juga tinggi karena kelangsungan operasi proyek tersebut sangat tergantung dari ketersediaan (*supply*) airnya. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa perencanaan jaringan pengukur hujan juga dipengaruhi oleh bagian ekonomi dan kepadatan penduduk.

Ketelitian pengukuran hujan dipengaruhi oleh jumlah stasiun hujan (*rainfall networks*) dan pola penyebarannya di dalam DAS. Penempatan stasiun hujan yang tepat baik lokasi, jumlah stasiun hujan, pola penyebarannya akan dapat diperoleh data yang akurat mengenai kedalaman, penyebaran dan intensitas hujannya. Selama ini belum terdapat pedoman baku tentang jumlah stasiun hujan yang dipandang cu-

kup mewakili variabilitas curah hujan di suatu DAS sehingga melihat hal tersebut diperlukan perhitungan yang mendasari jumlah dan penempatan stasiun hujan yang optimal.

## TEORI DAN METODE PENELITIAN

### Kerapatan Jaringan Stasiun Hujan

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 praktek setiap negara mempunyai cara tertentu dalam pengembangan jaringan stasiun hujan. Pada dasarnya terdapat empat persoalan yang perlu dijawab (Sri Harto, 1993) yaitu :

- Bagaimana pengukuran akan dilakukan,
- Berapa banyak tempat yang akan diukur,
- Dimana tempat yang akan diukur,
- Berupa jaringan tetap atau sementara.

Untuk pengukuran kerapatan jaringan untuk tiap-tiap DAS digunakan metode Kagan dikarenakan jumlah stasiun hujan yang optimal dan pola penempatannya dapat diperoleh. Perhitungan kerapatan jaringan dengan metode Kagan ini dimulai dengan menentukan koefisien korelasi antar stasiun hujan untuk masukan (*input*) hujan bulanan, dalam melakukan analisis ini dihindarkan adanya "*complete dry days*", jadi hanya untuk hari-hari atau bulan-bulan basah yang mempunyai intensitas hujan yang besar yang dikorelasikan. Evaluasi jaringan kagan menunjukkan keluaran (*output*) yaitu pertama hubungan antara jumlah stasiun hujan yang dibutuhkan dengan tingkat kesalahan tertentu (kesalahan perataan dan kesalahan interpolasi), dan kedua lokasi stasiun hujan sesuai dengan pola jaringan tertentu.

Keluaran dari perhitungan dengan metode Kagan ini adalah jumlah dan pola pe-

penempatan stasiun hujan yang optimal. Apabila stasiun hujan *existing* ternyata lebih banyak daripada hasil perhitungan Kagan maka tidak semua stasiun hujan digunakan dalam analisis selanjutnya dan stasiun hujan dapat dikurangi. Pemilihan dilakukan dengan memilih stasiun hujan yang paling dekat dengan simpul Kagan yang dianggap mewakili jaringan Kagan. Apabila stasiun hujan ternyata lebih sedikit dibandingkan dengan perhitungan Kagan maka stasiun hujan perlu ditambah. Namun, dalam penelitian ini perhitungan jaringan Kagan hanya dipergunakan untuk mengetahui jumlah dan penempatan stasiun hujan yang optimal sedangkan untuk analisis selanjutnya digunakan stasiun hujan *existing*.

**Metode Kagan**

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 kesalahan perataan (*interpolation error and averaging error*) (Sri Harto, 1993). Persamaan-persamaan yang dipergunakan adalah sebagai berikut :

$$r(d) = r(0)e^{-d/d0}$$

$$Z_1 = C_v \sqrt{\frac{1 - r(0) + 0.23 \frac{\sqrt{A}}{d0\sqrt{N}}}{N}}$$

$$L = 1.07 \sqrt{\frac{A}{N}}$$

$$Z_2 = C_v \sqrt{\frac{1}{3} |1 - r(0)| + 0.52 \frac{r(0)}{d0} \sqrt{\frac{A}{N}}}$$

dengan :

- $d$  = jarak antar stasiun (km),
- $d0$  = radius korelasi, yaitu jarak dalam km dimana koefisien korelasi berkurang dengan faktor e,
- $Z_1$  = kesalahan perataan (%),
- $C_v$  = 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,
- $Z_2$  = kesalahan intepolasi (%).

Langkah-langkah yang dapat ditempuh dalam penetapan jaringan ini secara garis besar adalah sebagai berikut ini.

- 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-haria taubulan-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  $r(d)$  serta persamaan 1.
- Dengan besaran tersebut, maka persamaan 2 dan 4 dapat dihitung setelah tinggi ketelitian ditetapkan. Atau sebaliknya, dicari grafik hubungan anta-

- ra jumlah stasiun dengan ketelitian yang diperoleh.
- Penempatan stasiun hujan dilakukan menggunakan persamaan 3 dan 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. Simpul-simpul tersebut adalah lokasi stasiun hujan

### Pengujian Data Hujan

Pengujian data hujan dapat dilakukan dengan kurva massa ganda (*double mass curve*) dan dapat juga dilakukan dengan cara statistik antara lain : *van neumann ratio*, *cumulative deviation* atau disebut juga *rescaled adjusted partial sums* dan *worsley's likelihood ratio test*. Pengujian kepenggahan pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan cara statistik yaitu dengan *rescaled adjusted partial sums* (RAPS) hal ini dikarenakan apabila menggunakan kurva massa ganda, stasiun

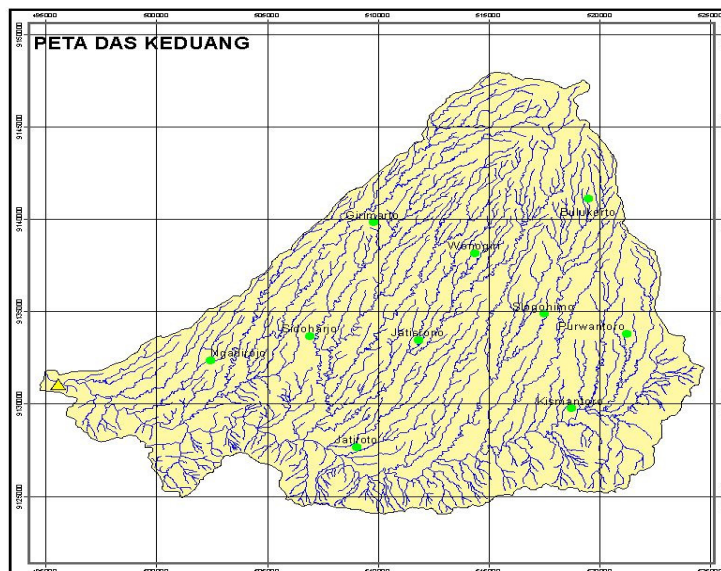
hujan yang akan dijadikan acuan diragukan kepenggahannya.

Untuk di Indonesia karena variabilitas ruang dan waktu dari hujan yang tinggi dan metode yang tepat untuk memperkirakan kembali data hujan yang hilang tersebut belum ada maka apabila terdapat data hujan yang hilang dianggap pada hari itu stasiun hujan tidak ada (Sri Harto, 2000). Sehingga untuk setiap tahun pada data hujan perlu diteliti kembali kelengkapan datanya. Apabila data hujan tidak lengkap maka hujan DAS dihitung kembali dengan stasiun hujan yang memiliki data hujan lengkap.

### HASIL ANALISIS

#### Lokasi Penelitian

Wilayah yang digunakan untuk daerah penelitian adalah DAS Keduang yang menjadi salah satu *catchment area* Waduk Wonogiri. DAS Keduang memiliki luas 397,466 km<sup>2</sup> dengan stasiun AWLR terletak di Sidorejo dan memiliki 10 buah stasiun pengukur hujan. Peta DAS Keduang dengan posisi AWLR dan stasiun pengukur hujan dapat dilihat di bawah ini.



Gambar1. Peta DAS Keduang

#### Stasiun Pengamatan Hujan

Panjang data berkisar rata-rata lebih dari 10 tahun Untuk data yang hilang tidak dilakukan pengisian data hilang dan

tidak digunakan dalam analisis selanjutnya. Stasiun hujan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

**Tabel 1** Stasiun Hujan DAS Keduang

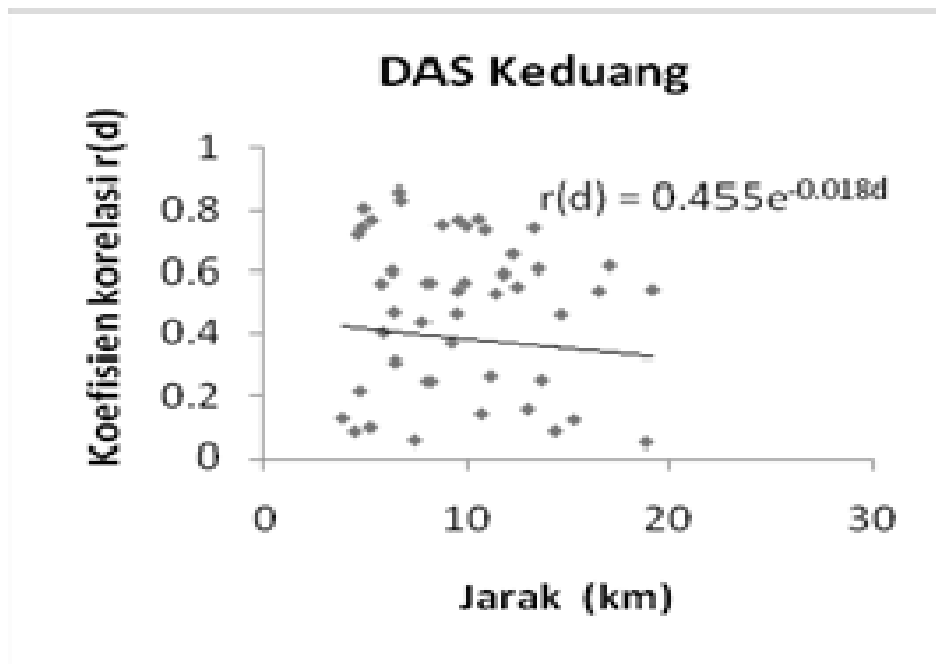
No.	Nama Stasiun Hujan
1	Girimarto
2	Bulukerto
3	Wonogiri
4	Slogohimo
5	Purwantoro
6	Jatisrono
7	Sidoharjo
8	Kismantoro
9	Ngadirejo
10	Jatiroto

**Hasil Analisis Jaringan Pengukuran Hujan Kagan**

Besarnya koefisien variasi yang ditunjukkan oleh DAS Keduang relatif kecil yaitu 0,551, kecenderungan yang terjadi apabila koefisien variasi yang diperoleh cukup kecil maka koefisien korelasi akan cukup besar demikian juga sebaliknya apabila koefisien variasi besar maka koefisien korelasi yang diperoleh akan kecil. Tidak

semua korelasi pada stasiun yang memiliki jarak cukup dekat memberikan angka korelasi yang besar demikian juga sebaliknya untuk stasiun hujan yang memiliki jarak cukup jauh memiliki angka korelasi yang rendah. Hal ini menunjukkan hujan pada DAS yang ditinjau memiliki sifat yang variatif. Tentu saja ini memungkinkan karena Indonesia merupakan daerah yang memiliki iklim tropis sehingga hujan yang terjadi bersifat setempat dan sangat bervariasi cukup besar dengan luas pengaruh hujan yang relatif sangat kecil. Namun demikian luas pengaruh ini belum diketahui secara pasti.

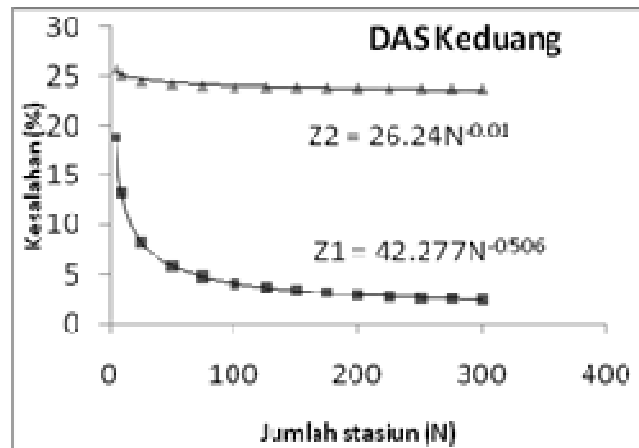
Korelasi antar stasiun pada DAS Keduang untuk hujan bulanan dimana koefisien korelasi tersebut dihitung dari satu stasiun terhadap stasiun lainnya dan diukur juga jarak antar stasiun yang dihitung korelasinya. Kemudian didapat persamaan antara jarak (km) dan korelasi yang disajikan dalam gambar di bawah ini.



**Gambar 2.** Korelasi dan jarak antar stasiun DAS Keduang

Terlihat dari grafik 2 menunjukkan kecenderungan bahwa semakin jauh jarak stasiun maka koefisien korelasi akan sama-

kin kecil. Besar kesalahan perataan ( $Z_1$ ) dan kesalahan interpolasi ( $Z_2$ ) disajikan dalam gambar di bawah ini.



**Gambar 3.** Hubungan antara jumlah stasiun dengan kesalahan perataan dan kesalahan interpolasi

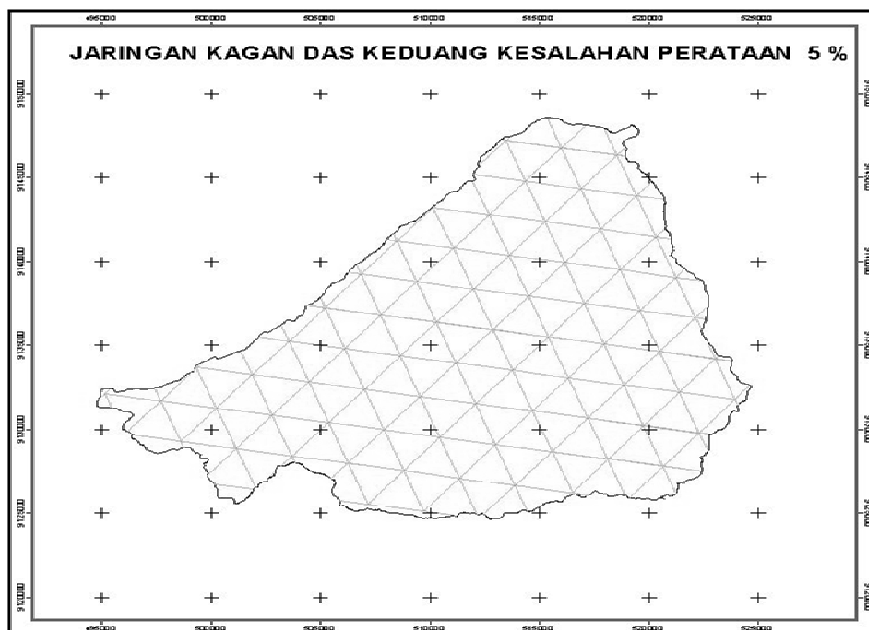
Dengan menetapkan tingkat kesalahan perataan ( $Z_1$ ) sebesar 5 % dan 10 % maka diperlukan untuk memenuhi patokan Kagan untuk DAS Keduang. Hasil analisis diperoleh jumlah stasiun hujan yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

**Tabel 2.** Jumlah stasiun hujan metode Kagan dengan kesalahan perataan 5 % dan 10 %

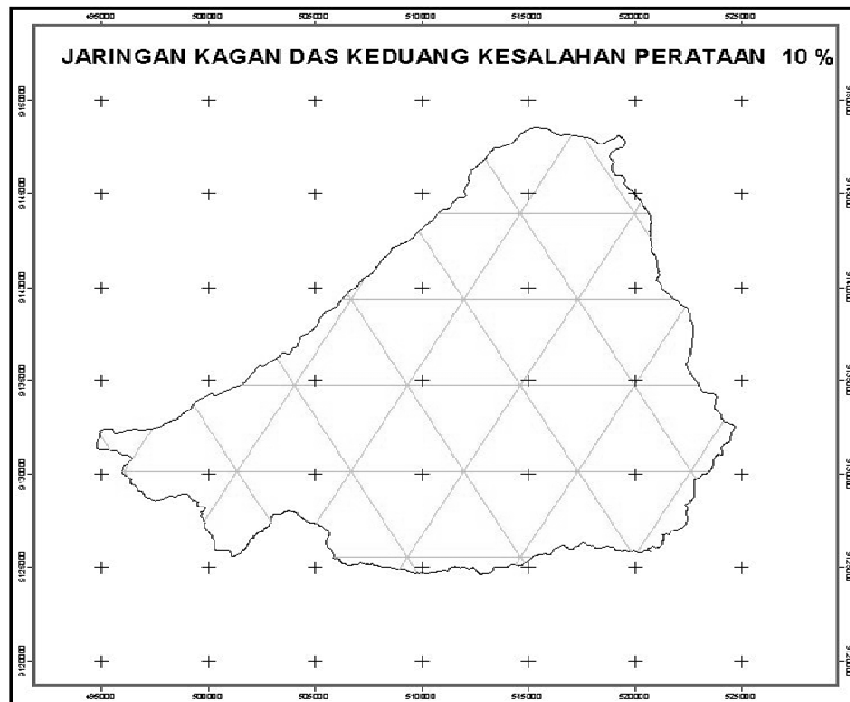
Nama DAS	Luas DAS (km <sup>2</sup> )	Jumlah Stasiun Eksisting	Jumlah stasiun (buah)		Jarak antarsimpul (km)	
			kesalahan perataan 5 %	kesalahan perataan 10 %	kesalahan perataan 5 %	kesalahan perataan 10 %
Keduang	397,466	10	68	17	2,591	5,319

Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa terdapat kekurangan jumlah stasiun hujan baik dengan kesalahan perataan 5 % dengan jumlah stasiun hujan sebanyak 68 buah dimana jarak antar simpul 2,591 dan kesala-

han perataan 10 % dengan jumlah stasiun hujan 17 buah dimana jarak antar simpul 5,319. Pola Penempatan stasiun hujan dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



**Gambar 4.** Pola Penempatan Stasiun Hujan DAS Keduang Metode Kagan Dengan Kesalahan Perataan 5%



**Gambar 5.** Pola Penempatan Stasiun Hujan DAS Keduang Metode Kagan Dengan Kesalahan Perataan 5%

**SIMPULAN DAN SARAN**

**Simpulan**

Besarnya koefisien variasi yang ditunjukkan oleh DAS Keduang relatif kecil yaitu 0,551. Dari hasil analisis terlihat bahwa terdapat kekurangan jumlah stasiun hujan baik dengan kesalahan perataan 5 % dengan jumlah stasiun hujan sebanyak 68 buah dimana jarak antar simpul 2,591 dan kesalahan perataan 10 % dengan jumlah stasiun hujan 17 buah dimana jarak antar simpul 5,319.

**Saran**

Dalam penentuan lokasi stasiun hujan diharapkan tetap mengacu pada posisi stasiun-stasiun hujan lain yang terdapat pada DAS yang sama sehingga posisi stasiun hujan tidak terkumpul pada satu tempat tetapi lebih menyebar dan juga diharapkan terdapat perencanaan yang baik dalam penempatan stasiun hujan dengan didasari perhitungan seperti metode Kagan dimana hal ini akan berkontribusi terhadap jumlah dan pola penempatan stasiun hujan yang lebih efektif dan efisien.