

ANALISA DAN RASIONALISASI KERAPATAN JARINGAN STASIUN HUJAN DENGAN METODE KAGAN – RODDA DI SUB DAS LAHOR MALANG JAWA TIMUR

Yudho Putra Islamiyanto¹, Lily Montarcih Limantara², Sri Wahyuni²

¹Mahasiswa Program Sarjana Teknik Jurusan Pengairan Universitas Brawijaya

²Dosen Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167 Malang 65145 Indonesia

Email: yudhoputra04@gmail.com

ABSTRAK: Jumlah dan letak stasiun hujan menjadi hal yang perlu diperhatikan terkait ketersediaan data hujan. Data hujan yang dihasilkan dari pencatatan stasiun hujan dianggap mewakili suatu wilayah yang memiliki distribusi hujan yang berbeda satu sama lain. Studi ini dilakukan di Sub DAS Lahor dengan luas 186,111 km² menggunakan metode WMO (*World Meteorological Organization*) dan Kagan-Rodda. Hasil analisa berdasarkan standar WMO 100-250 km²/stasiun hujan, hanya 1 dari 5 stasiun hujan yaitu Sumberpuncung yang memenuhi standar. Hasil analisa Kagan-Rodda berdasarkan nilai kesalahan perataan 5% adalah Sub DAS Lahor cukup memiliki 3 stasiun hujan. Hasil rasionalisasi dengan titik stasiun acuan Sumberpuncung, menghasilkan rekomendasi menggeser stasiun Ngajum sejauh 7,012 km² ke arah barat dan menggeser stasiun Tlekung sejauh 8,470 km² ke arah selatan. Hasil rekomendasi tersebut memiliki luas pengaruh untuk masing-masing stasiun hujan, yaitu: Sumberpuncung 68,83 km², Ngajum 64,85 km², dan Tlekung 52,43 km².

Kata kunci: kerapatan jaringan stasiun hujan, standar WMO, metode kagan-rodde

ABSTRACT: *The number and location of rain stations is a matter of concern regarding the availability of rain data. Rain data generated from recording rain stations are considered to represent an area that has a different rain distribution. This study was location in Lahor watershed with area 186,111 km² using the WMO (World Meteorological Organization) and Kagan-Rodda methods. The results of the analysis are based on WMO 100-250 km² standard / rain station, only 1 out of 5 rain stations, Sumberpuncung rain station comply the standards. The results of the Kagan-Rodda analysis based on 5% leveling error values are that the Lahor watershed is sufficient to have 3 rain stations. The results of the rationalization with the Sumberpuncung reference station point, resulted in a recommendation to move the Ngajum rain station as far as 7.012 km² to the west and move the Tlekung rain station as far as 8.470 km² to the south. The results of these recommendations have an area of influence for each rain station, that is: Sumberpuncung 68.83 km², Ngajum 64.85 km², and Tlekung 52.43 km².*

Keywords: rain gauge network density, WMO standard, kagan-rodde method

PENDAHULUAN

Dalam analisa hidrologi untuk perencanaan dan perancangan bangunan hidraulik, secara umum diperlukan masukan data hujan sebagai masukan utama. Namun dalam penetapan besaran hujan yang terjadi dalam suatu DAS terdapat 2 hal yang menjadi masalah yang harus dipertimbangkan, yaitu jumlah stasiun hujan dalam DAS dan pola penyebaran stasiun hujan dalam DAS tersebut. (Sri Harto,1981;1).

Jumlah dan letak stasiun hujan menjadi hal yang perlu diperhatikan terkait ketersediaan data hujan. Data hujan yang dihasilkan dari pencatatan stasiun hujan dianggap mewakili suatu wilayah yang memiliki distribusi hujan yang berbeda satu sama lain. Apabila stasiun hujan yang terpasang tidak sesuai dengan kondisi fisik wilayah, maka data hujan yang dihasilkan tidak mampu mewakili kejadian hujan di wilayah tersebut dan dapat mempengaruhi kualitas data hujan. Kesalahan dalam pemantauan data dasar hidrologi dalam suatu DAS akan menghasilkan data siap pakai yang tidak benar dan mengakibatkan hasil perencanaan, penelitian, dan pengolahan sumber daya air yang tidak efisien dan tidak efektif.

Jumlah pos hujan perlu ditetapkan secara optimal, karena jumlah yang terlalu kecil akan mengurangi data hujan yang diperkirakan besar hujan yang sebenarnya terjadi dalam DAS. Sebaliknya bila Jumlah terlalu besar, berarti akan menyangkut waktu dan biaya yang besar dan untuk melakukan analisa hidrologi kadang-kadang timbul masalah, pos mana yang akan digunakan apakah seluruhnya atau sebagian.

Mengingat pula bahwa variabilitas hujan sangat besar, maka tidak hanya jumlah pos hujan saja yang penting, akan tetapi pola penempatan pos hujan tersebut mempunyai peran yang besar.

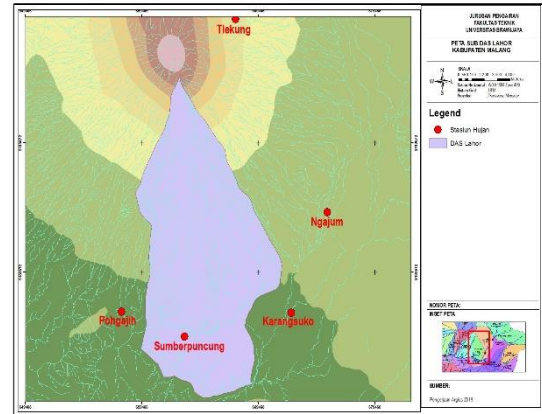
Jumlah pos hujan yang terdapat dalam suatu DAS menentukan tingkat kesalahan perkiraan hujan. (Harto, 2009, p.32).

Evaluasi terhadap pola jaringan dan kerapatan stasiun hujan juga diperlukan untuk efisiensi biaya operasional dan pemeliharaan stasiun hujan di DAS tersebut, serta untuk tujuan pengujian metode penyiapan data.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Studi

Lokasi studi terletak di Sub DAS Lahor, Kabupaten Malang dengan luas 186,111 km². Gambar 1 menunjukkan lokasi studi dan sebaran stasiun hujan.



Gambar 1. Lokasi Studi dan Sebaran Stasiun Hujan

Sumber: Hasil Penggambaran, 2019

Data

Data yang dibutuhkan untuk analisis stabilitas ini, yaitu:

- 1) Data curah hujan 10 tahun (2008-2017)
- 2) Peta Sub DAS Lahor
- 3) Koordinat stasiun hujan

Langkah-langkah Pengerjaan Studi

1. Penyiapan data.
2. Uji konsistensi untuk menguji kualitas data.
3. Uji ketiadaan trend untuk mengetahui ada tidaknya
4. Uji Inlier – Outlier untuk mengetahui maksimum dan minimum
5. Analisa curah hujan rerata daerah dengan Poligon Thiessen.
6. Analisa kerapatan jaringan stasiun hujan dengan standar WMO.
7. Menghitung nilai koefisien variasi dari perhitungan curah hujan rerata daerah.
8. Menghitung nilai koefisien korelasi antar stasiun hujan.
9. Mencari jarak antar stasiun hujan dengan program ArcGIS 10.3.
10. Menghubungkan koefisien korelasi dan jarak antar stasiun hujan pada grafik eksponensial.
11. Mendapatkan nilai $r_{(0)}$ dan $d_{(0)}$ dari grafik eksponensial.
12. Analisa kerapatan jaringan stasiun hujan dengan metode Kagan-Rodda dengan

menghitung nilai kesalahan perataan (Z_1) dan kesalahan interpolasi (Z_3).

13. Dengan nilai maksimal kesalahan perataan 5%, didapatkan nilai n sebagai jumlah stasiun hujan.
14. Rasionalisasi persebaran stasiun hujan dengan penggambaran segitiga Kagan-Rodda.

Standar WMO

Standar WMO (*World Meteorological Organization*) memberikan pedoman kerapatan minimum sebagai berikut (Linsley, 1986:p.67) :

1. Untuk daerah datar pada zona beriklim sedang, mediteranian, dan tropis, 100 sampai 900 km² untuk setiap stasiun hujan.
2. Untuk daerah pegunungan pada zona beriklim sedang, mediteranian, dan tropis, sebesar 100 sampai 250 km² untuk setiap stasiun hujan.
3. Untuk daerah pulau-pulau dengan pegunungan kecil dengan hujan yang tak beraturan, sebesar 25 km² untuk setiap stasiun hujan.
4. Untuk zona-zona kering dan kutub, sebesar 1500 sampai 10000 km² untuk setiap stasiun hujan.

Berdasarkan standar WMO diatas, Sub DAS Lahor merupakan daerah pegunungan pada zona beriklim sedang, mediterania, dan tropis dengan kerapatan minimum 100-250 km² untuk setiap stasiun hujan.

Metode Kagan-Rodda

Penetapan jaringan stasiun hujan tidak hanya terbatas pada penentuan jumlah stasiun yang dibutuhkan dalam suatu DAS, namun juga tempat dan pola penyebarannya. Dari beberapa cara yang disebutkan di atas, belum dibahas tentang penyebaran stasiun hujan di dalam DAS yang bersangkutan. Dalam hal ini tidak ada petunjuk sama sekali. Petunjuk yang bersifat kualitatif diberikan oleh Rodda (1970), yaitu dengan memanfaatkan koefisien korelasi hujan (Harto,1993,p.29).

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Kagan (1972) untuk daerah tropis yang hujannya bersifat setempat dengan luas penyebarannya yang sangat terbatas mempunyai variasi ruang untuk hujan dengan periode tertentu adalah sangat tidak menentu

meskipun sebenarnya menunjukkan suatu hubungan sampai tingkat tertentu (Harto,1993:22).

Langkah-langkah perhitungan yang akan dilakukan dalam perencanaan jaringan Kagan- Rodda adalah seperti di bawah ini (Harto,1993:32):

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

Persamaan yang digunakan untuk analisis Kagan-Rodda adalah sebagai berikut (Harto, 1993:31):

$$r_{(d)} = r_{(0)} \cdot e^{\frac{-d}{d_0}} \dots\dots\dots(1)$$

$$Z_1 = C_v \cdot \sqrt{\frac{1 - r_{(0)} + \left(\frac{0.23\sqrt{A}}{d(0)\sqrt{n}} \right)}{n}} \dots\dots\dots(2)$$

$$Z_3 = C_v \cdot \sqrt{\frac{1}{3} (1 - r_{(0)}) + \frac{0.52 r_{(0)} \sqrt{\frac{A}{n}}}{d(0)}} \dots\dots(3)$$

$$L = 1,07 \cdot \sqrt{\frac{A}{n}} \dots\dots\dots(4)$$

dengan:

- r(d) = koefisien korelasi untuk jarak stasiun sejauh d
- r(o) = koefisien korelasi untuk jarak stasiun yang sangat pendek
- d = jarak antar stasiun (km)
- d(o) = radius korelasi
- Cv = koefisien variasi
- A = luas DAS (km)
- n = jumlah stasiun
- Z1,Z3 = kesalahan perataan (%) dan kesalahan interpolasi (%)
- L = jarak antar stasiun (km)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Kualitas Data

Uji konsistensi bertujuan untuk mengetahui adanya penyimpangan hubungan tiap pos stasiun hujan dengan pos stasiun hujan lainnya yang berada di sekitar pos tersebut. Berdasarkan hasil pengujian kualitas data, data curah hujan kumulatif tahunan memiliki kualitas data yang baik sehingga untuk analisa akan dilakukan menggunakan data curah hujan kumulatif tahunan.

Analisa Curah Hujan Rerata Daerah

Analisis curah hujan rerata daerah dilakukan untuk mendapatkan satu nilai besaran curah hujan yang dapat mewakili keseluruhan nilai dalam Sub DAS Lahor. Dalam studi ini, analisis curah hujan rerata daerah dilakukan dengan menggunakan Metode Poligon Thiessen karena cara ini memberikan bobot tertentu untuk setiap stasiun hujan dengan luasan tertentu dan luas tersebut merupakan faktor koreksi (weighting factor) bagi hujan di stasiun yang bersangkutan.

Tabel 1. Faktor Koreksi Luas Pengaruh Poligon Thiessen

Stasiun Hujan	Luas		Kr
	Km ²	%	
Pohgajih	16.647	8.944662	0.08945
SumberPuncung	113.477	60.97275	0.60973
Karangsuko	28.477	15.30108	0.15301
Ngajum	20.974	11.26962	0.1127
Tlekung	6.536	3.511883	0.03512
Total	186.111	100	1

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Setelah mendapatkan nilai Kr, maka data hujan masing-masing stasiun dikalikan dengan nilai Kr.

Tabel 2. Nilai Curah Hujan Rerata Daerah

Tahun	Pohgajih
	CH Tahunan
2008	2903
2009	1729
2010	4566
2011	1970
2012	2767
2013	3085
2014	1956
2015	2226
2016	4659
2017	3297

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Analisa Standar WMO

Analisa WMO dilakukan untuk mengetahui kondisi penyebaran stasiun hujan eksisting yang ada pada Sub DAS Lahor.

Berdasarkan standart yang telah ditetapkan oleh WMO, Sub DAS Lahor yang merupakan daerah tropis dengan ketentuan 100- 250 km²/Stasiun, dengan luas 186,111 Km² luas daerah pengaruh didasarkan pada luasan daerah pengaruh pada masing – masing stasiun hujan dengan menggunakan *Polygon Thiessen* Hasil analisa dapat dilihat pada table berikut.

Tabel 3. Hasil Analisa Standar WMO

No	Stasiun Hujan	Luas		Luas Daerah (Km ²)
		Km ²	%	Kondisi Ideal
				100-250
1	Pohgajih	16.647	8.944662	Tidak Ideal
2	Sumberpuncung	113.477	60.97275	Ideal
3	Karangsuko	28.477	15.30108	Tidak Ideal
4	Ngajum	20.974	11.26962	Tidak Ideal
5	Tlekung	6.536	3.511883	Tidak Ideal

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Dari hasil analisa diatas, dapat dilihat bahwa dari 5 stasiun hujan yang ada di Sub DAS Lahor, hanya 1 stasiun yang memenuhi standar WMO yaitu stasiun Sumbepuncung Hasil analisa ini selanjutnya akan dipertimbangkan dalam rasionalisasi menggunakan metode Kagan-Rodda.

Analisa Metode Kagan Rodda

Langkah pertama dalam analisis Kagan-Rodda adalah mencari nilai koefisien variasi (Cv). Dengan menggunakan data curah hujan rerata daerah, dilakukan perhitungan hingga mendapat nilai Cv sebesar 0,291.

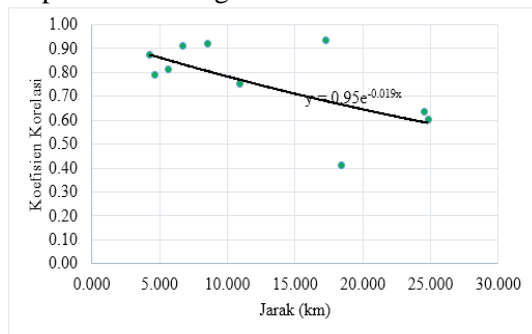
Setelah mendapatkan nilai Cv, dilakukan perhitungan nilai koefisien korelasi antar stasiun hujan dan perhitungan jarak antar stasiun hujan.

Tabel 4. Nilai Koefisien Korelasi dan Jarak

Nama Stasiun	Keterangan	Jarak dan Koefisien Korelasi				
		Pohgatih	Sumberpuncung	Karangasuko	Ngajum	Tielung
Pohgatih	Jarak	-	4.290	6.749	17.290	24.559
	Koef. Korelasi	-	0.873	0.912	0.936	0.636
Sumberpuncung	Jarak	4.290	-	5.672	8.566	24.837
	Koef. Korelasi	0.873	-	0.812	0.921	0.604
Karangasuko	Jarak	6.749	5.672	-	4.620	18.406
	Koef. Korelasi	0.912	0.812	-	0.789	0.413
Ngajum	Jarak	17.290	8.566	4.620	-	10.900
	Koef. Korelasi	0.936	0.921	0.789	-	0.755
Tielung	Jarak	24.559	24.837	18.406	10.900	-
	Koef. Korelasi	0.636	0.604	0.413	0.755	-

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Dari hasil nilai koefisien korelasi dan jarak antar stasiun hujan, maka digambarkan grafik eksponensial sebagai berikut:



Gambar 1. Hubungan Koefisien Korelasi dan Jarak Antar Stasiun Hujan

Berdasarkan grafik, diperoleh $r(0) = 0,950$ dan nilai $d(0) = 1/0,019 = 52,631$ km, dilanjutkan perhitungan kesalahan perataan (Z_1) dan kesalahan interpolasi (Z_3) dengan maksimal 5%.

Tabel 5. Perhitungan Z_1 dan Z_3

n	Cv	r(0)	A	d(0)	A ^{1/2}	N ^{1/2}	r(0)	d(0)*N ^{1/2}	(A/N) ^{1/2}	Z ₁	Z ₃
1	0.291	0.950	186.111	52.63	13.642	1.000	0.050	52.63	13.64	9.640%	11.05%
2	0.291	0.950	186.111	52.63	13.642	1.414	0.050	74.43	9.65	6.250%	9.544%
3	0.291	0.950	186.111	52.63	13.642	1.732	0.050	91.16	7.88	4.890%	8.770%
4	0.291	0.950	186.111	52.63	13.642	2.000	0.050	105.26	6.82	4.11%	8.27%
5	0.291	0.950	186.111	52.63	13.642	2.236	0.050	117.68	6.10	3.61%	7.92%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

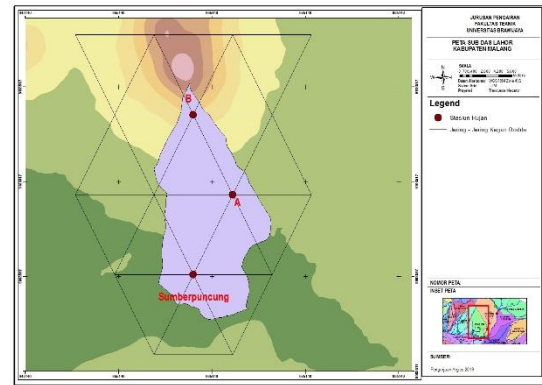
Berdasarkan batas Z_1 5%, diperoleh jumlah stasiun hujan (n) yang dibutuhkan di Sub DAS Lahor sebanyak 3 stasiun hujan pada nilai Z_1 sebesar 4,89%.

Setelah didapatkan jumlah stasiun hujan terpilih, dilakukann perhitungan untuk mencari panjang sisi segitiga Kagan-Rodda. Didapatkan hasil panjang L segitiga adalah 8,426 km.

Rasionalisasi Metode Kagan-Rodda dan Pola Sebaran

Trial Stasiun Sumberpuncung

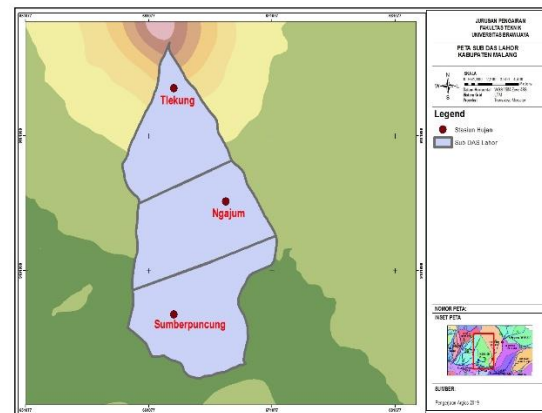
Dengan panjang 8,426 km, dapat digambarkan segitiga Kagan-Rodda diatas peta Sub DAS Lahor dengan titik stasiun acuan yaitu stasiun hujan Sumberpuncung seperti jaring-jaring berikut:



Gambar 2. Jaring-jaring Segitiga Kagan-Rodda Stasiun Acuan Sumberpuncung.

Sumber: Hasil Penggambaran, 2019

Rasionalisasi diatas menghasilkan luasan Thiessen untuk 3 stasiun hujan sebagai berikut:



Gambar 3. Poligon Thiessen Rasionalisasi Kagan-Rodda dengan Stasiun Acuan Sumberpuncung.

Sumber: Hasil Penggambaran, 2019

Tabel 6. Luas Pengaruh Stasiun Hujan Acuan Sumberpuncung

Stasiun	Luas (km ²)	Luas Pengaruh (%)
Sumberpuncung	68.83	37.0
Ngajum	64.85	34.8
Tlekung	52.43	28.2
Σ (Jumlah)	186.111	100

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Pada trial dengan stasiun acuan Sumberpuncung, didapatkan rekomendasi untuk menggeser 2 stasiun sesuai dengan simpul segitiga yang terbentuk. Dengan Pergeseran stasiun Ngajum sejauh 7,012 km² kearah Barat dan stasiun Tlekung sejauh 8,470 km² kearah Selatan maka didapatkan kordinat stasiun hujan yang baru berdasarkan rekomendasi Kagan- Rodda sebagai berikut :

Tabel 7. Koordinat Stasiun Hujan Eksisting

Titik	Stasiun	Luas (km ²)	Lintang	Bujur
Sumberpuncung	Sumberpuncung	108,594	112.4834	-8.15376
B	Ngajum	40,793	112.6112	-8.06465
C	Tlekung	36,633	112.5381	-7.90972

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Adapun koordinat stasiun hujan hasil rasionalisasi adalah sebagai berikut:

Tabel 8. Koordinat Stasiun Hujan Rekomendasi Kagan-Rodda

Titik	Stasiun	Eksisting		Kagan - Rodda	
		Lintang	Bujur	Lintang	Bujur
A	Sumberpuncung	112.4834	-8.15376	112.4807	-8.15111
B	Ngajum	112.6112	-8.06465	112.5186	-8.07478
C	Tlekung	112.5381	-7.90972	112.4807	-7.99873

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

KESIMPULAN

Kesimpulan

1. Berdasarkan standart WMO (*World Meteorological Organization*) dengan ketentuan 100 – 250 km²/Stasiun untuk daerah tropis, Sub DAS Lahor dengan luas 186,111 km² terdapat 1 stasiun hujan terpilih dari 5 stasiun hujan yaitu stasiun hujan Sumberpuncung.
2. Melalui analisa Kagan – Rodda, kerapatan jaringan stasiun hujan pada

Sub DAS Lahor diperoleh 3 stasiun hujan yang dipilih berdasarkan pembuatan jaring – jaring Kagan – Rodda dengan nilai kesalahan perataan (Z_1) kurang dari 5%. Stasiun hujan tersebut adalah stasiun hujan Sumberpuncung, Ngajum, dan Tlekung

3. Hasil rekomendasi rasionalisasi jumlah stasiun hujan berdasarkan jarring – jaringan Kagan – Rodda :
 1. Menggunakan stasiun acuan Sumberpuncung.
 2. Melakukan penggeseran stasiun Ngajum sejauh 7,012 km² kearah Barat dan stasiun Tlekung sejauh 8,470 km² kearah Selatan.
 3. Didapatkan luasan Poligon Thiessen yang lebih merata.

Saran

1. Ketelitian pengambilan data di lapangan sangat diharapkan, agar mendukung proses analisa informasi sumberdaya air dengan maksimal.
2. Diperlukan analisa lanjut mengenai kondisi dan penempatan letak stasiun hujan berdasarkan rekomendasi dari studi ini agar mendapatkan informasi sumberdaya air yang lebih optimal.
3. Diharapkan untuk studi selanjutnya dapat menggunakan metode lain dalam menentukan pola sebaran stasiun hujan agar mendapatkan perbandingan antar tiap metode sehingga kerapatan stasiun hujan semakin baik lagi dalam penyempurnaannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. (2015). *Panduan Penulisan Skripsi*. Malang: Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Harto Br, S. (1993). Analisis Hidrologi. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Harto Br, S. (2000). Teori, Masalah, Penyelesaian. Yogyakarta: Nafiri Offset.
- Kementerian PU Pengairan. Pedoman Rasionalisasi Pos Hidrologi dengan Metode Stepwise, Analisa Bobot, Kriging, Kagan dan Analisa Regional. 2014. Kementerian PU Pengairan. Jakarta.
- Linsley, R., Kohler, M. A., & Paulhus. (1986). Hidrologi Untuk Insinyur. Jakarta: Erlangga. Juli 1998.