

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Data Hujan pada Pos Hujan Eksisting

4.1.1. Kualitas Data

Dalam menyiapkan data perlu diperhatikan adanya kesulitan dalam akses data dan ketidakteelitian data karena hal tersebut dapat mempengaruhi kualitas data. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah menelaah satu demi satu kemungkinan sumber kesalahan dan mengupayakan kesalahan yang ditimbulkan sekecil mungkin. Sumber-sumber kesalahan yang mempengaruhi kualitas data pada umumnya disebabkan oleh hal berikut:

1. Kelalaian petugas
2. Data hilang atau rusak
3. Data tidak terbaca atau meragukan
4. Kesalahan administrasi

4.1.2. Data Hujan yang Hilang

Untuk menganalisa hujan daerah diperlukan data yang lengkap dari masing-masing stasiun. Seringkali pada suatu daerah DAS terdapat data yang tidak lengkap atau data hilang. Jika ini terjadi, maka data hujan yang hilang harus dilengkapi lebih dahulu. Untuk mengurangi kesulitan analisis karena data yang hilang tersebut, kemudian dicoba untuk dapat memperkirakan besaran data yang hilang tersebut dengan membandingkannya dengan menggunakan data stasiun lain disekitarnya. Untuk melengkapi data hujan yang hilang bisa dilakukan jika (Triatmodjo B, 2008:40):

1. Disekitarnya ada pos penakar (minimal 2) yang lengkap datanya.
2. Pos penakar yang datanya hilang diketahui hujan rata-rata tahunannya.

Secara umum, pengisian data hujan yang hilang dapat menggunakan 2 cara, yaitu:

a. Perbandingan normal (normal ratio)

Tabel 4.1

Data Hujan Hilang Stasiun Robatal Bulan Maret Tahun 2007

POS HUJAN	NAMA POS HUJAN	TINGGI HUJAN (maret)	CH BULANAN
Stasiun dicari	ROBATAL	-	854
Stasiun terdekat	KARANG PENANG	301	1066
	KEDUNGDUNG	185	517
	KETAPANG	222	498
	<i>n</i>		3
	<i>Px</i>		309.1425246

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Contoh Perhitungan:

$$n = 3$$

$$\begin{aligned} P_x &= \frac{1}{n} \left(\frac{P_1}{N_1} + \frac{P_2}{N_2} + \frac{P_3}{N_3} \right) N_x \\ &= \frac{1}{3} \left(\frac{301}{1066} + \frac{185}{517} + \frac{222}{498} \right) 854 \\ &= 309,142 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$10\% P_x = 30,914 \text{ mm}$$

$$90\% P_x = 278,228 \text{ mm/bulan}$$

Dikarenakan hasil data hujan yang dicari berdasarkan rata-rata 3 stasiun terdekat yaitu Karang Penang, Kedungdung, dan Ketapang, hasilnya $< 90\% P_x$. Karena berdasarkan persyaratan bahwa nilai rata-rata stasiun terdekat harus $> 90\% P_x$. Maka metode Normal Ratio tidak digunakan.

b. Reciprocal method

Tabel 4.2

Data Hujan Hilang Stasiun Robatal Bulan Maret Tahun 2007

POS HUJAN	Nama	Jarak(L) meter	Tinggi CH Bulanan
Stasiun dicari	ROBATAL		241.51
Stasiun terdekat	KARANG PENANG	10839	301
	KEDUNGUNG	12447	185
	KETAPANG	11733	222
	n	3	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Contoh Perhitungan:

$$\begin{aligned} P_x &= \frac{\sum \left(\frac{P_{i_1}}{L_{i_1}^2} + \frac{P_{i_2}}{L_{i_2}^2} + \frac{P_{i_3}}{L_{i_3}^2} \right)}{\sum \left(\frac{1}{L_{i_1}^2} + \frac{1}{L_{i_2}^2} + \frac{1}{L_{i_3}^2} \right)} \\ P_x &= \frac{\sum \left(\frac{301}{10839^2} + \frac{408}{12447^2} + \frac{418}{11733^2} \right)}{\sum \left(\frac{1}{10839^2} + \frac{1}{12447^2} + \frac{1}{11733^2} \right)} \\ &= 241,51 \text{ mm/bulan} \end{aligned}$$

4.1.3. Uji Konsistensi Data Hujan

Data curah hujan tahunan dari setiap stasiun akan diuji kepengangannya (konsistensi) menggunakan lengkung massa ganda. Pada uji konsistensi, penambahan kumulatif data setiap stasiun akan dibandingkan dengan penambahan kumulatif data pada stasiun lainnya sebagai pembanding (stasiun lain dianggap benar sehingga dijadikan acuan).

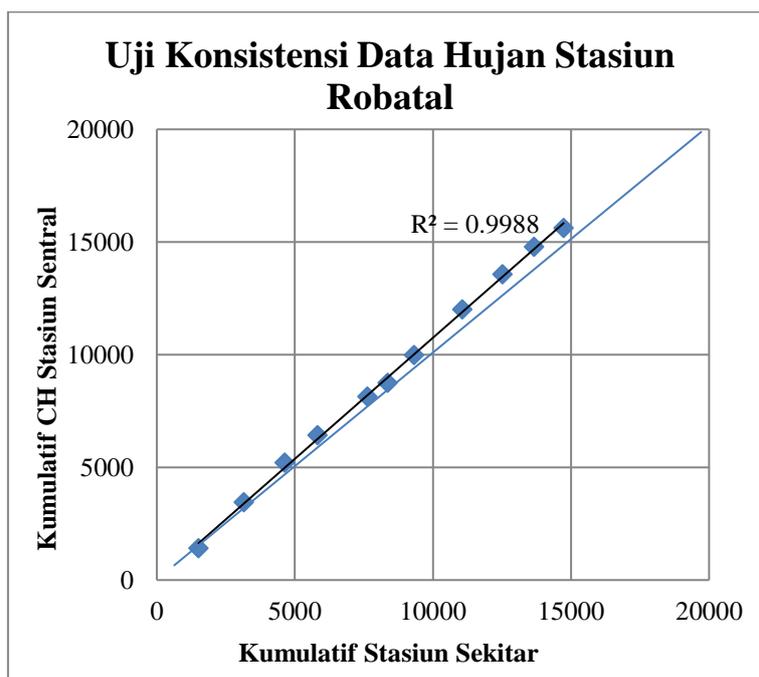
Tabel 4.3
Uji Konsistensi Stasiun Hujan Robatal

No.	Tahun	ROBATAL		Sekitar	
		CH Tahunan	Kumulatif	CH Rata-Rata	Kumulatif
1	2006	1409	1409	1510	1510
2	2007	2038	3447	1650	3160
3	2008	1758	5205	1477	4636
4	2009	1220	6425	1183	5819
5	2010	1725	8150	1812	7631
6	2011	609	8759	737	8367
7	2012	1221	9980	956	9323
8	2013	2035	12015	1737	11059
9	2014	1550	13565	1456	12515
10	2015	1216	14781	1151	13666
11	2016	849	15630	1068	14734

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Contoh Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \text{Besar sudut} &= \tan\left(\frac{15630-1409}{14734-1510}\right) \\
 &= \tan 1,075 \\
 &= 47,081^\circ
 \end{aligned}$$



Gambar 4.1 Kurva Massa Ganda Stasiun Hujan Robatal sebelum terkoreksi

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Agar menjadi 45° ($\tan 45^\circ = 1$), maka dicari faktor koreksi yaitu:

$$\begin{aligned}
 \text{FK} &= \frac{1,000}{1,075} \\
 &= 0,930
 \end{aligned}$$

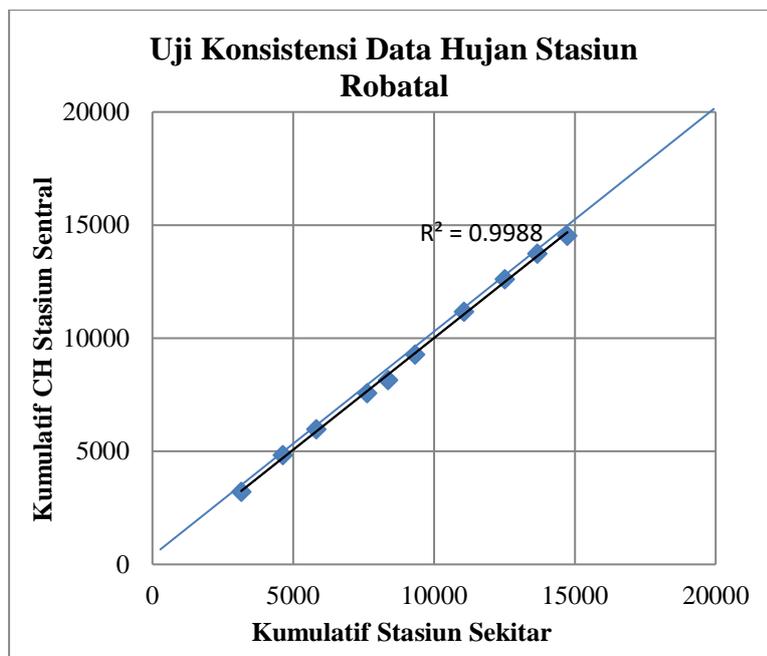
Tabel 4.4
Uji Konsistensi Stasiun Hujan Robatal setelah dikalikan Faktor Koreksi (FK)

No.	Tahun	ROBATAL		Sekitar	
		CH Tahunan	Kumulatif	CH Rata-Rata	Kumulatif
1	2006	1310	1310	1510	1510
2	2007	1895	3205	1650	3160
3	2008	1635	4840	1477	4636
4	2009	1134	5974	1183	5819
5	2010	1604	7578	1812	7631
6	2011	566	8145	737	8367
7	2012	1135	9280	956	9323
8	2013	1892	11172	1737	11059
9	2014	1441	12614	1456	12515
10	2015	1131	13744	1151	13666
11	2016	789	14534	1068	14734

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Contoh Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{CH Tahun 2006} &= 1409 * 0,930 \\ &= 1310 \text{ mm/bulan} \end{aligned}$$



Gambar 4.2 Kurva Massa Ganda Stasiun Hujan Robatal setelah terkoreksi

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

4.1.4. Penyaringan Data Hujan

4.1.4.1. Uji Ketidakadaan Trend

Uji ketidakadaan trend dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui ada tidaknya trend atau variasi dalam data. Apabila ada trend maka data tidak disarankan dalam analisis hidrologi. Data yang baik adalah data yang homogen, artinya data berasal dari populasi yang sama jenis.

Uji ketiadaan trend dapat dilakukan dengan beberapa metode, antara lain Uji Korelasi Peringkat (KP) dengan Metode Spearman, Uji Mann dan Whitney, dan Uji Tanda dengan Metode Cox dan Stuart.

a. Metode Spearman

Trend dapat dipandang sebagai korelasi antara waktu dengan variat dari suatu variabel hidrologi. Oleh karena itu koefisien korelasinya dapat digunakan untuk menentukan ketidakhadiran *trend* dari suatu deret berkala.

Langkah – langkah dalam menentukan ada atau tidaknya *trend* menggunakan metode Spearman adalah sebagai berikut:

1. Menentukan nilai koefisien korelasi peringkat dari Spearman (KP) dengan persamaan (2-5) dan nilai distribusi t dengan persamaan (2-6)

$$KP = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (dt)^2}{n^3 - n}$$

$$KP = 1 - \frac{6 \times 112}{11^3 - 11}$$

$$= 0,4454$$

2. Menentukan nilai distribusi t, pada derajat kebebasan (n-2) untuk derajat kepercayaan 5%

$$t = KP \left[\frac{n-2}{1-KP^2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$t = 0,4454 - \left[\frac{11-2}{1-0,4454^2} \right]^{0,5}$$

$$= 1,4926$$

3. Menarik kesimpulan apakah hipotesa diterima atau ditolak

Dengan melaksanakan pengujian dua sisi untuk derajat kepercayaan 5% dan derajat kebebasan $n-2 = 1$, maka diperoleh $t_{0,975} = 2,101$ dan $-t_{0,975} = -2,101$. Berdasarkan perhitungan maka nilai t terletak $-2,101 < 1,4926 < 2,101$. Oleh karena itu, tidak dapat menolak hipotesa nol pada derajat kepercayaan 5%, atau dapat dikatakan dua seri data (Rt dan Tt) adalah independen dan tidak mungkin menunjukkan adanya *trend*.

Tabel 4.5
Ketidakadaan *Trend* Metode Spearman Stasiun Hujan Robatal

Robatal					
Tahun	Tt	CH Tahunan	Rt	dt	dt²
2006	1	1310	6	5	25
2007	2	1895	1	-1	1
2008	3	1635	3	0	0
2009	4	1134	8	4	16
2010	5	1604	4	-1	1
2011	6	566	11	5	25
2012	7	1135	7	0	0
2013	8	1892	2	-6	36
2014	9	1441	5	-4	16
2015	10	1131	9	-1	1
2016	11	789	10	-1	1
Jumlah					122

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

b. Metode Mann dan Whitney

Uji Mann dan Whitney digunakan untuk menguji apakah dua kelompok data yang tidak berpasangan berasal dari populasi yang sama atau tidak. Untuk menguji apakah satu set sampel data deret berkala menunjukkan adanya trend atau tidak dapat digunakan prosedur yang sama, yaitu dengan uji Mann dan Whitney dengan cara membagi satu seri data deret berkala menjadi dua bagian yang jumlahnya sama.

Langkah – langkah dalam menentukan ada atau tidaknya trend menggunakan metode Mann dan Whitney adalah sebagai berikut:

1. Membagi data menjadi dua kelompok
2. Memberikan peringkat pada dua kelompok data tersebut dari data yang terkecil sampai yang terbesar
3. Menentukan nilai R_m yaitu jumlah peringkat data tiap kelompok
4. Menghitung parameter statistic dengan

$$U_1 = N_1 N_2 + \frac{N_1}{2} x(N_1 + 1) - R_m$$

$$= (6 \times 5) + \frac{6}{2} x(6 + 1) - 39$$

$$= 12$$

$$U_2 = N_1 N_2 - U_1$$

$$= (6 \times 5) - 12$$

$$= 18$$

Karena U_2 memiliki nilai yang lebih kecil maka U_1 dianggap sebagai U untuk perhitungan selanjutnya mencari nilai Z dengan persamaan (2-9).

$$Z = \frac{U - (N_1 - N_2)}{2} \left[\frac{1}{12} \{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)\} \right]^{1/2}$$

$$= \frac{12 - (6 - 5)}{2} \left[\frac{1}{12} \{6 \times 5 (6 + 5 + 1)\} \right]^{1/2}$$

$$= -0,5477$$

Berdasarkan uji satu sisi pada derajat kepercayaan 5% ditolak, berdasarkan tabel diperoleh nilai $Z_c = 1,645$ dan $-1,645$ Nilai $Z = -0,5477$ ternyata lebih kecil dari $Z_c = 1,645$ dan lebih besar dari $Z_c = -1,645$ dengan demikian hipotesa tidak dapat ditolak dengan derajat kepercayaan 5%. Atau dapat dikatakan bahwa kelompok I dan kelompok II berasal dari populasi yang sama, atau dengan kata lain tidak terjadi perubahan yang nyata nilai rata-ratanya atau tidak menunjukkan adanya *trend*.

Tabel 4.6

Uji Mann dan Whitney Stasiun Hujan Robatal

Robatal				
Tahun	Kelompok	Hujan (mm)	Peringkat Rt	Jumlah
2006		1310	6	
2007		1895	11	
2008	XA	1635	9	39
2009		1134	4	
2010		1604	8	
2011		566	1	
2012		1135	5	
2013		1892	10	
2014	XB	1441	7	27
2015		1131	3	
2016		789	2	
N1	6			
N2	5			
Rm	39			
U1	12			
U2	18			
U	12			
Z	-0.547723		(-)	(+)
Zc	satu sisi	1.645	independen	independen

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

c. Metode Cox dan Stuart

Perubahan *trend* dapat juga ditunjukkan dengan uji tanda dari Cox and Stuart. Nilai data urut waktu dibagi menjadi 3 (tiga) bagian yang sama. Setiap bagian jumlahnya $n = n/3$. Apabila sampel acak tidak dapat dibagi menjadi 3 bagian yang sama maka bagian yang kedua jumlahnya dikurangi 2 atau 1 buah. Selanjutnya membandingkan nilai bagian ke 1 dan ke 3, dan memberi tanda (+) untuk nilai yang plus dan (-) untuk nilai yang negatif. Jumlah total nilai (+) dan (-) diberi tanda S, maka nilai Z dapat dihitung sebagai berikut:

Langkah – langkah dalam menentukan ada atau tidaknya *trend* menggunakan metode Cox dan Stuart adalah sebagai berikut:

1. Membagi data menjadi tiga kelompok data dengan mengabaikan data pada kelompok dua
2. Menentukan tanda positif dan negatif pada data kelompok satu dan kelompok tiga
3. Menentukan nilai S berdasarkan jumlah data positif
4. Menghitung parameter statistik

$$Z = \frac{S - \frac{n}{6} - 0,5}{\sqrt{\frac{n}{12}}}$$

$$Z = \frac{1 - \frac{11}{6} - 0,5}{\sqrt{\frac{11}{12}}}$$

$$= - 0,87$$

Nilai Z teoritis dari tabel untuk derajat kepercayaan 5% ditolak adalah 1,64. Oleh karena $Z = - 0,87$ lebih kecil dari $Z_c = 1,64$ maka hipotesa diterima. Dengan demikian data hasil uji Cox dan Stuart tidak menunjukkan adanya *trend*.

Tabel 4.7
Uji Cox dan Stuart Stasiun Hujan Robatal

Robatal						
Tahun	Kelompok I (mm)	Tahun	Kelompok II (mm)	Tahun	Kelompok III (mm)	Tanda III - I
2006	1310	2010	1604	2013	1892	+
2007	1895	2011	566	2014	1441	-
2008	1635	2012	1135	2015	1131	-
2009	1134			2016	789	-

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

4.1.4.3. Uji Stasioner

➤ Uji-T (*Tee-test*), t

Pengujian yang pada umumnya digunakan untuk menguji sampel ukuran kecil, menguji rata-rata dua kelompok sampel, dan lain lain (Soewarno, 1995:18). Uji T termasuk jenis uji untuk sampel kecil.

Tabel 4.8

Uji-T Stasiun Hujan Robatal

No	Kelompok I		No	Kelompok II	
	Tahun	CH		Tahun	CH
1	2006	1310	7	2012	1135
2	2007	1895	8	2013	1892
3	2008	1635	9	2014	1441
4	2009	1134	10	2015	1131
5	2010	1604	11	2016	789
6	2011	566			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Contoh Perhitungan:

$$N_1 = 6$$

$$N_2 = 5$$

$$S_1 = 470,092$$

$$S_2 = 413,735$$

$$dk_1 = n_1 - 1 = 5$$

$$dk_2 = n_2 - 1 = 4$$

$$\bar{x}_1 = 1357$$

$$\bar{x}_2 = 1278$$

$$dk_{total} = dk_1 + dk_2 = 9$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{N_1 S_1^2 + N_2 S_2^2}{N_1 + N_2 - 2}}^{\frac{1}{2}}$$

$$= \sqrt{\frac{6 \times (470,092^2) + 5 \times (413,735^2)}{6 + 5 - 2}}^{\frac{1}{2}}$$

$$= 1192,06$$

$$t = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sigma \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}}$$

$$= \frac{|1357 - 1278|}{1192,06 \sqrt{\frac{1}{6} + \frac{1}{5}}}$$

$$= 0,1103$$

Setelah dilakukan perhitungan Uji-T dengan derajat kebebasan (dk) = 9, dan derajat kepercayaan 0,025 pada uji dua arah maka diperoleh nilai t tabel = 2,2621. Karena nilai t hitung = 0,1103 < t tabel = 2,2621 maka hipotesis diterima.

➤ **Uji-F (*Alf-test*), F**

Uji F digunakan untuk menguji nilai varian dan untuk menguji sampel dalam analisis varian. Menguji dua set sampel data apakah berasal dari populasi yang sama atau tidak juga dapat menggunakan pengujian distribusi-*F*.

Tabel 4.9

Uji F Stasiun Hujan Robatal

No	Kelompok I		No	Kelompok II	
	Tahun	CH		Tahun	CH
1	2006	1310	7	2012	1135
2	2007	1895	8	2013	1892
3	2008	1635	9	2014	1441
4	2009	1134	10	2015	1131
5	2010	1604	11	2016	789
6	2011	566			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

$$N_1 = 6$$

$$N_2 = 5$$

$$S_1 = 470,092$$

$$S_2 = 413,735$$

$$dk_1 = n_1 - 1 = 5$$

$$dk_2 = n_2 - 1 = 4$$

$$\bar{x}_1 = 1357$$

$$\bar{x}_2 = 1278$$

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{N_1 \cdot S_1^2(N_2-1)}{N_2 \cdot S_2^2(N_1-1)} \\
 &= \frac{6 \cdot 470,092^2(6-1)}{5 \cdot 413,735^2(5-1)} \\
 &= 1,239
 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan Uji F dengan derajat kebebasan (dk) = 9, dan derajat kepercayaan 0,025 pada uji dua arah maka diperoleh nilai F tabel = 6,26. Karena nilai F hitung = 1,239 < F tabel = 6,26 maka hipotesis diterima. Dengan memperhatikan Uji F dan Uji-t tersebut maka deret berkala adalah stasioner yang dimana memiliki arti nilai rata-rata serta nilai variannya stabil.

4.1.4.4. Uji Persistensi

Uji persistensi dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah data yang diuji berasal dari sampel acak atau tidak dan bebas atau tidak. Acak artinya mempunyai peluang yang sama untuk dipilih, sedangkan bebas artinya data tidak tergantung waktu, data yang dipilih, kejadian tidak tergantung data yang lainnya dalam suatu populasi yang sama.

Tabel 4.10

Uji Persistensi Robatal

Robatal					
Tahun	Tt	CH Tahunan	Rt	dt	dt²
2006	1	1310	6	0	0
2007	2	1895	1	5	25
2008	3	1635	3	-2	4
2009	4	1134	8	-5	25
2010	5	1604	4	4	16
2011	6	566	11	-7	49
2012	7	1135	7	4	16
2013	8	1892	2	5	25
2014	9	1441	5	-3	9
2015	10	1131	9	-4	16
2016	11	789	10	-1	1
Jumlah					186

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Contoh Perhitungan:

$$m = 10$$

$$KS = 1 - \left(\frac{6 \times \sum di^2}{m^3 - m} \right)$$

$$= 1 - \left(\frac{6 \times 186}{10^3 - 10} \right)$$

$$= -0,127$$

$$t = KS \left(\frac{m-2}{1-KS^2} \right)^{0,5}$$

$$= -0,127 \left(\frac{10-2}{1-0,127^2} \right)^{0,5}$$

$$= -0,362$$

Berdasarkan uji satu sisi untuk derajat kepercayaan 5%, maka diperoleh $t_{0,975} = +1,729$ dan $-t_{0,975} = -1,729$. Dari perhitungan maka nilai t terletak $-1,729 < -0,362 < +1,729$. Oleh karena itu dapat dikatakan data independen atau tidak menunjukkan adanya persistensi

4.1.4.5. Uji *Inlier-Outlier*

Uji ini digunakan untuk mengetahui apakah data maksimum dan minimum dari rangkaian data yang ada layak digunakan atau tidak. Data yang digunakan yaitu data hujan tahunan kumulatif sebanyak 11 tahun. Berikut salah satu contoh stasiun hujan yang telah di *inlier-outlier* (Tabel 4.5)

Tabel 4.11
Stasiun Hujan Robatal Sebelum *inlier-outlier*

Tahun	CH Tahunan	LOG CH Tahunan
2007	1895	3.277691
2013	1892	3.276983
2008	1635	3.213437
2010	1604	3.205207
2014	1441	3.15875
2006	1310	3.117268
2012	1135	3.055134
2009	1134	3.054778
2015	1131	3.053352
2016	789	2.897326
2011	566	2.753035
	Rerata	3
	S	0.160672
	Kn	2
	Xh	2704.674
	Xl	576.9663

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Dari hasil perhitungan *inlier-outlier* didapatkan nilai batas atas (X_h) = 2704,674 dan batas bawah (X_l) = 576,966 . Sehingga dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa data tahun 2011 teroutlier atau data layak untuk digunakan sebanyak 10 tahun.

Tabel 4.12
Rekapitulasi Uji Keandalan Data Hujan Tahunan Kumulatif

Stasiun	Uji Trend												Uji Stasioner		Uji Persistensi				Uji Inlier-Outlier
	Metode Spearman				Metode Mann&Whitney				Metode Cox&Stuart				Uji T	Uji F	1 sisi		2 sisi		
	1 sisi		2 sisi		1 sisi		2 sisi		1 sisi		2 sisi				(-)	(+)	(-)	(+))	
	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)							
Robatal	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	10 tahun dari 11 tahun
Karang Penang	√	-	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
Omben	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
Kedungdung	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
Sampang	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	-	√	√	√	
Camplong	√	√	√	√	√	√	√	√	-	√	√	√	√	√	-	√	√	√	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 4.13
Rekapitulasi Uji Keandalan Data Hujan Bulanan Kumulatif (Setelah Outlier)

Stasiun	Uji Trend												Uji Stasioner		Uji Persistensi				Uji Inlier-Outlier
	Metode Spearman				Metode Mann&Whitney				Metode Cox&Stuart				Uji T	Uji F	1 sisi		2 sisi		
	1 sisi		2 sisi		1 sisi		2 sisi		1 sisi		2 sisi				(-)	(+)	(-)	(+))	
	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)							
Robatal	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	74 bulan dari 134 Bulan
Karang Penang	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
Omben	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
Kedungdung	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	-	√	√	√	
Sampang	-	√	-	√	-	√	-	√	√	√	√	√	√	√	-	√	-	√	
Camplong	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 4.14
Rekapitulasi Uji Keandalan Data Hujan Bulanan Kumulatif (Sebelum Outlier)

Stasiun	Uji Trend												Uji Stasioner		Uji Persistensi				Uji Inlier-Outlier
	Metode Spearman				Metode Mann&Whitney				Metode Cox&Stuart				Uji T	Uji F	1 sisi		2 sisi		
	1 sisi		2 sisi		1 sisi		2 sisi		1 sisi		2 sisi				(-)	(+))			
	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)							
Robatal	√	-	√	-	√	√	√	√	-	√	√	√	√	√	√	-	√	-	74 bulan dari 134 Bulan
Karang Penang	√	-	√	-	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	-	√	-	
Omben	√	-	√	-	√	√	√	√	-	√	√	√	√	√	√	-	√	-	
Kedungdung	√	-	√	-	√	√	√	√	-	√	-	√	√	√	√	-	√	-	
Sampang	√	-	√	-	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	-	√	√	
Camplong	√	-	√	-	√	√	√	√	-	√	√	√	√	√	√	-	√	-	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 4.15
Rekapitulasi Uji Keandalan Data Hujan Harian Max Tahunan

Stasiun	Uji Trend												Uji Stasioner		Uji Persistensi				Uji Inlier-Outlier
	Metode Spearman				Metode Mann&Whitney				Metode Cox&Stuart				Uji T	Uji F	1 sisi		2 sisi		
	1 sisi		2 sisi		1 sisi		2 sisi		1 sisi		2 sisi				(-)	(+))			
	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)							
Robatal	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	9 tahun dari 11 tahun
Karang Penang	√	-	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
Omben	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
Kedungdung	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	-	√	√	√	
Sampang	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	-	-	√	√	√	
Camplong	√	-	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

4.2 Analisa Curah Hujan Rerata Daerah

Dalam studi ini, perhitungan curah hujan rerata daerah dilakukan menggunakan Poligon Thiessen. Cara ini didasarkan atas rata-rata timbang. Masing-masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar. Perhitungan dilakukan menggunakan persamaan (2-18).

$$d = \frac{A_1d_1 + A_2d_2 + \dots + A_nd_n}{A}$$

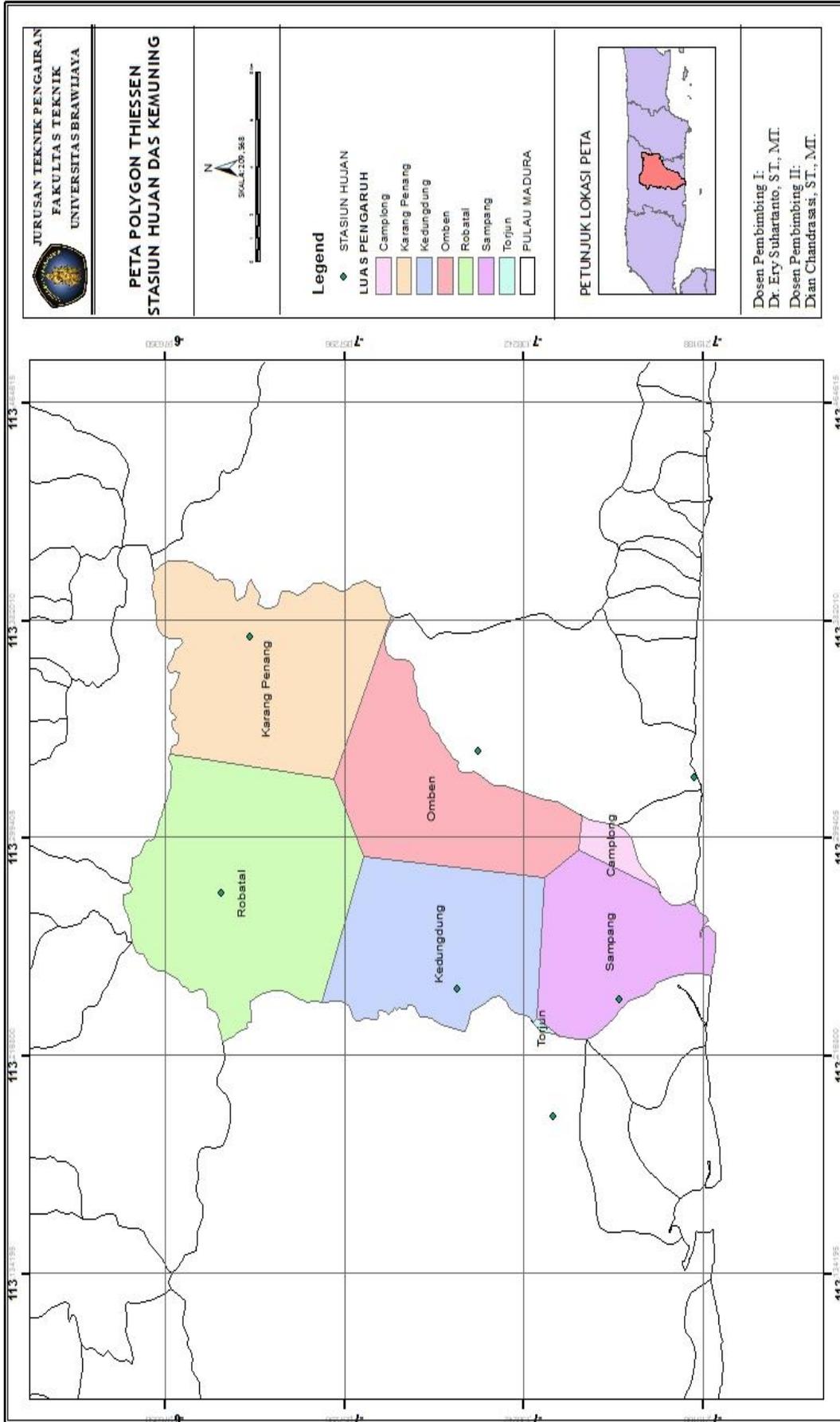
$$= \sum_i^n \frac{A_id_i}{A}$$

Tabel 4.16

Faktor Koreksi Luas Pengaruh Poligon Thiessen

No	Stasiun Hujan	Luas (km ²)	Fk	%
1	Robatal	97.08	0.282	28.202
2	Karang Penang	76.86	0.223	22.328
3	Omben	58.66	0.170	17.041
4	Kedungdung	61.35	0.178	17.822
5	Sampang	45.2	0.131	13.131
6	Camplong	5.08	0.015	1.476
Total		344.23	1	100

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017



Gambar 4.3 Polygon Thiessen Stasiun Hujan Eksisting

Sumber:

Berikut merupakan contoh perhitungan jumlah hujan kumulatif daerah untuk tahun 2006.

$$d = (1310 \times 0,282) + (1066 \times 0,223) + (2173 \times 0,170) + (1716 \times 0,178) + (879 \times 0,131) \\ + (1827 \times 0,014) \\ = 1426,208 \text{ mm}$$

Tabel 4.17
Rekapitulasi Hujan Rerata Daerah

Tahun	Robatal	Karang Penang	Omben	Kedungdung	Sampang	Camplong	jumlah hujan thiessen (d)	Max
fk	Data 0.282	Data 0.223	Data 0.170	Data 0.178	Data 0.131	Data 0.015		
2006	1310	1066	2173	1716	879	1827	1426.208	
2007	1895	1569	1947	1414	1236	1777	1657.107	
2008	1635	1382	1105	1291	1125	1109	1352.205	
2009	1134	1129	1133	1009	684	1160	1051.742	
2010	1604	1570	1066	1728	1548	1848	1523.208	1657.10
2012	1135	1031	839	680	1173	1840	995.707	70
2013	1892	1597	1064	1550	1921	1811	1626.807	
2014	1441	1102	1248	1571	1051	938	1296.977	
2015	1131	866	1959	1247	1073	869	1222.158	
2016	789	976	1536	960	901	1116	1008.184	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

4.3. Analisa Kerapatan Jaringan Stasiun Hujan dengan Standar WMO

Berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh WMO, DAS Kemuning yang merupakan daerah tropis dengan ketentuan 100 – 250 km²/stasiun, dengan luas 344,23 km² hanya membutuhkan 3 stasiun hujan. Luas daerah pengaruh didasarkan pada luasan daerah pengaruh pada masing-masing stasiun hujan dengan menggunakan *Polygon Thiessen*. Hasil analisa dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.18
Analisa Kerapatan Stasiun Hujan Berdasarkan Standar WMO

No	Nama	Luas Km ²	Prosentase %	Luas Daerah Per Stasiun Hujan (Km ²)		
				Kondisi Ideal 100-250	Kondisi Normal 300-1000	Kondisi Sulit 1000-5000
1	Robatal	97.08	28.202	-	-	-
2	Karang Penang	76.86	22.328	-	-	-
3	Omben	58.66	17.041	-	-	-
4	Kedungdung	61.35	17.822	-	-	-
5	Sampang	45.2	13.131	-	-	-
6	Camplong	5.08	1.476	-	-	-
Total		344.23	100			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Berdasarkan dari hasil analisa, diketahui 6 stasiun hujan yang ada di DAS Kemuning memenuhi kondisi sangat ideal dilihat dari luas daerah pengaruhnya. Selanjutnya, hasil dari analisa dengan standar WMO ini akan digunakan sebagai acuan dalam analisa kerapatan stasiun hujan berdasarkan metode Kagan-Rodda.

4.4 Rasionalisasi Jaringan Stasiun Hujan dengan Metode Kagan-Rodda

Langkah – langkah dalam perhitungan metode Kagan-Rodda adalah sebagai berikut:

1. Menghitung nilai rata – rata hujan daerah dari poligon Thiessen

$$\begin{aligned}\bar{X} &= \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \\ &= \frac{13160,303}{11} \\ &= 1316,03\end{aligned}$$

2. Menghitung standar deviasi

$$\begin{aligned}Sd &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \\ &= 246,235\end{aligned}$$

3. Menghitung koefisien variasi

$$\begin{aligned}Cv &= \frac{Sd}{\bar{X}} \\ Cv &= \frac{246,235}{1316,03} \\ &= 0,187\end{aligned}$$

Tabel 4.19
Koefisien Variasi Curah Hujan Rerata Daerah

No	Tahun	X	(Xi-Xrerata)^2
1	2006	1426.208	12139.041
2	2007	1657.107	116333.294
3	2008	1352.205	1308.615
4	2009	1051.742	69848.543
5	2010	1523.208	42922.617
6	2012	995.707	102606.741
7	2013	1626.807	96582.416
8	2014	1296.977	363.041
9	2015	1222.158	8811.924
10	2016	1008.184	94769.486
Jumlah		13160.303	545685.717
Rerata		1316.030	
Sd		246.235	
Cv		0.187	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

4. Menghitung koefisien korelasi hujan kumulatif tahunan

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{\sqrt{\left[\left(n \sum_{i=1}^n X^2 - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2 \right) \left(n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n Y_i \right)^2 \right) \right]}}$$

$$= \frac{(11 \times 1397022) - (13968 \times 12289,13)}{\sqrt{((11 \times 20689223) - 1397022^2) \times ((11 \times 15780309) - 12289,13^2)}}$$

$$= 0,9572$$

Tabel 4.20

Koefisien Korelasi Hujan Kumulatif Tahunan

No	Tahun	Robatal		Karang Penang		X * Y	
		Xi	Xi^2	Yi	Yi^2		
1	2006	1310	1716072.2	1066	1137289	1397022	
2	2007	1895	3592370.5	1569	2460210	2972875	
3	2008	1635	2672231.3	1382	1910264	2259351	
4	2009	1134	1286933.1	1129	1273528	1280213	
5	2010	1604	2572850.2	1570	2465552	2518630	
7	2012	1135	1289043.7	1031	1063453	1170828	
8	2013	1892	3580676.9	1597	2551820	3022787	
9	2014	1441	2077302.3	1102	1214677	1588475	
10	2015	1131	1278508.0	866	750615	979626	
11	2016	789	623234.8	976	952902	770637	
Jumlah		13968	20689223	12289.1	15780309	17960443	
r							0.9572

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

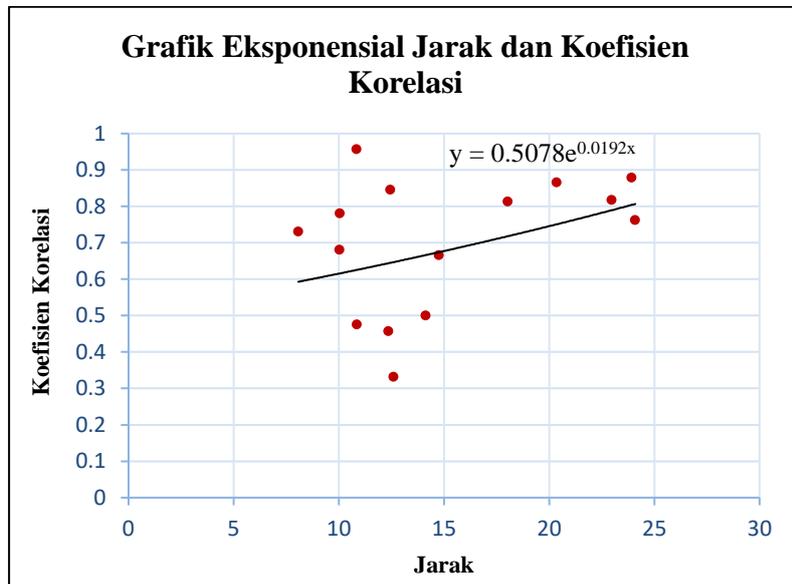
Tabel 4.21

Rekapitulasi Koefisien Korelasi Hujan Kumulatif Tahunan

No	Stasiun	Ket	Jarak Antar Stasiun dan Korelasi Antar Stasiun					
			Robatal	Karang penang	Omben	Kedungdung	Sampang	Camplong
1	Robatal	Jarak		10.839	14.133	12.447	20.347	24.093
		Koef.Korelasi		0.957	0.500	0.846	0.866	0.762
2	Karang Penang	Jarak			12.357	18.033	23.911	22.965
		Koef.Korelasi			0.458	0.813	0.879	0.817
3	Omben	Jarak				10.027	12.601	10.854
		Koef.Korelasi				0.681	0.332	0.476
4	Kedungdung	Jarak					8.076	14.757
		Koef.Korelasi					0.731	0.666
5	Sampang	Jarak						10.044
		Koef.Korelasi						0.781
6	Camplong	Jarak						
		Koef.Korelasi						

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

5. Selanjutnya digambarkan grafik hubungan antar stasiun dengan koefisien korelasi dalam sebuah grafik lengkung eksponensial. Nilai koefisien korelasi yang bernilai negatif tidak diikutsetakan atau dihapuskan.



Gambar 4.4 Hubungan Korelasi dan Jarak Antar Stasiun Hujan

Sumber: Hasil Penggambaran, 2018

6. Berdasarkan gambar grafik di atas, diperoleh nilai persamaan $y = 0,5078e^{-0,0192x}$. Dari persamaan tersebut nilai $r_{(0)} = 0,508$ dan nilai radius korelasi $d_{(0)} = 52,083$. Berikut perhitungan nilai $d_{(0)}$:

$$r_{(0)} \cdot e^{\frac{-d}{d_{(0)}}} = 0,5078 e^{-0,0192d}, \text{ maka nilai } d_{(0)} \text{ adalah}$$

$$\frac{-d}{d_{(0)}} = -0,0192 d$$

$$d_{(0)} = 1/0,0192 = 52,083 \text{ km}$$

Kemudian dimasukkan dalam perhitungan kesalahan perataan dan kesalahan interpolasi dengan ditentukan besarnya jumlah stasiun yang dibutuhkan untuk tingkat kesalahan perataan Z_1 dan kesalahan interpolasi Z_3 .

Tabel 4.22

Kesalahan Perataan (Z_1) dan Kesalahan Interpolasi (Z_2)

n	Cv	r(0)	A (km2)	d0	A ^{0,5}	N ^{0,5}	(A/N) ^{0,5}	Z1 (%)	Z3 (%)
1	0.187	0.508	344.230	52.083	18.553	1.000	18.553	14.177	9.506
2	0.187	0.508	344.230	52.083	18.553	1.414	13.119	9.813	8.985
3	0.187	0.508	344.230	52.083	18.553	1.732	10.712	7.935	8.743
4	0.187	0.508	344.230	52.083	18.553	2.000	9.277	6.831	8.597
5	0.187	0.508	344.230	52.083	18.553	2.236	8.297	6.085	8.495
6	0.187	0.508	344.230	52.083	18.553	2.449	7.574	5.538	8.419

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

7. Berdasarkan tabel perhitungan kesalahan perataan (Z_1) dan kesalahan interpolasi (Z_2) diatas, didapatkan untuk DAS Kemuning seluas 344,230 km² menurut metode Kagan-Rodda dibutuhkan stasiun hujan sejumlah 4 stasiun di titik lokasi yang nantinya akan ditentukan dengan jaring-jaring Kagan-Rodda. Dengan nilai kesalahan perataan (Z_1) adalah 6,831 dan kesalahan interpolasi (Z_3) adalah 8,597.

8. Dengan didapatkan jumlah stasiun menurut Kagan-Rodda sebanyak 4 stasiun, selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai panjang sisi-sisi segitiga jaring-jaring Kagan-Rodda.

$$L = 1,07 \sqrt{\frac{A}{n}}$$

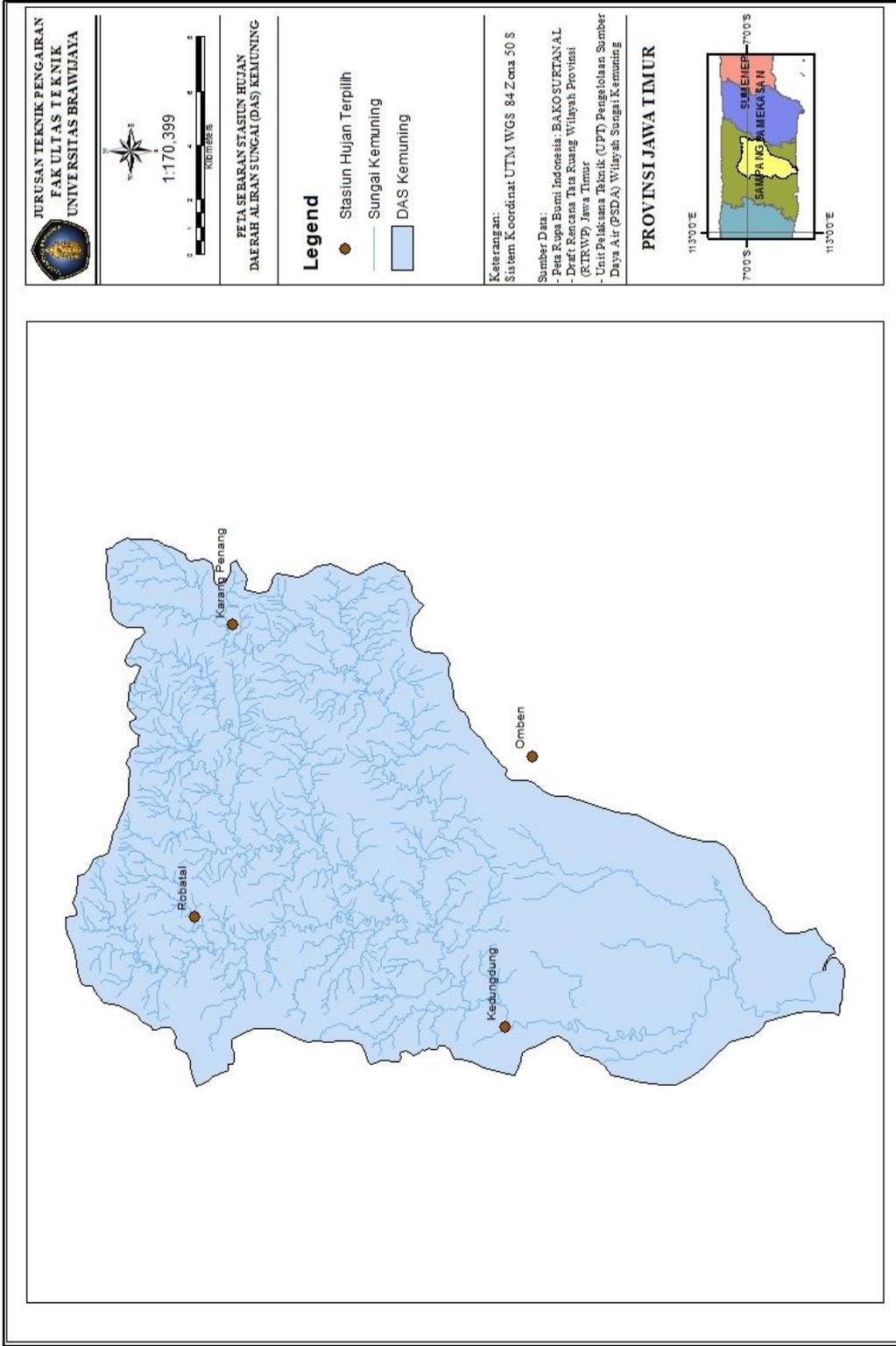
$$= 1,07 \times (344,230/4)^{0.5} = 9,926 \text{ km}$$

9. Dengan panjang sisi-sisi segitiga Kagan-Rodda sebesar 9,926 km, maka dapat digambarkan jaring-jaring segitiga Kagan-Rodda yang selanjutnya di plot kan diatas peta DAS Kemuning. Jaring-jaring segitiga Kagan-Rodda digeser sedemikian rupa dengan menggeser titik-titik simpul sesuai dengan jumlah stasiun yang ada pada DAS Kemuning sehingga didapatkan 4 kali percobaan penggeseran titik simpul.

10. Selanjutnya pemilihan percobaan stasiun hujan Kagan-Rodda berdasarkan pada jaring-jaring dimana stasiun di dalamnya jumlahnya sesuai dengan perhitungan kesalahan perataan dan kesalahan interpolasi yaitu stasiun hujan dan berdasarkan keandalan data yang baik.

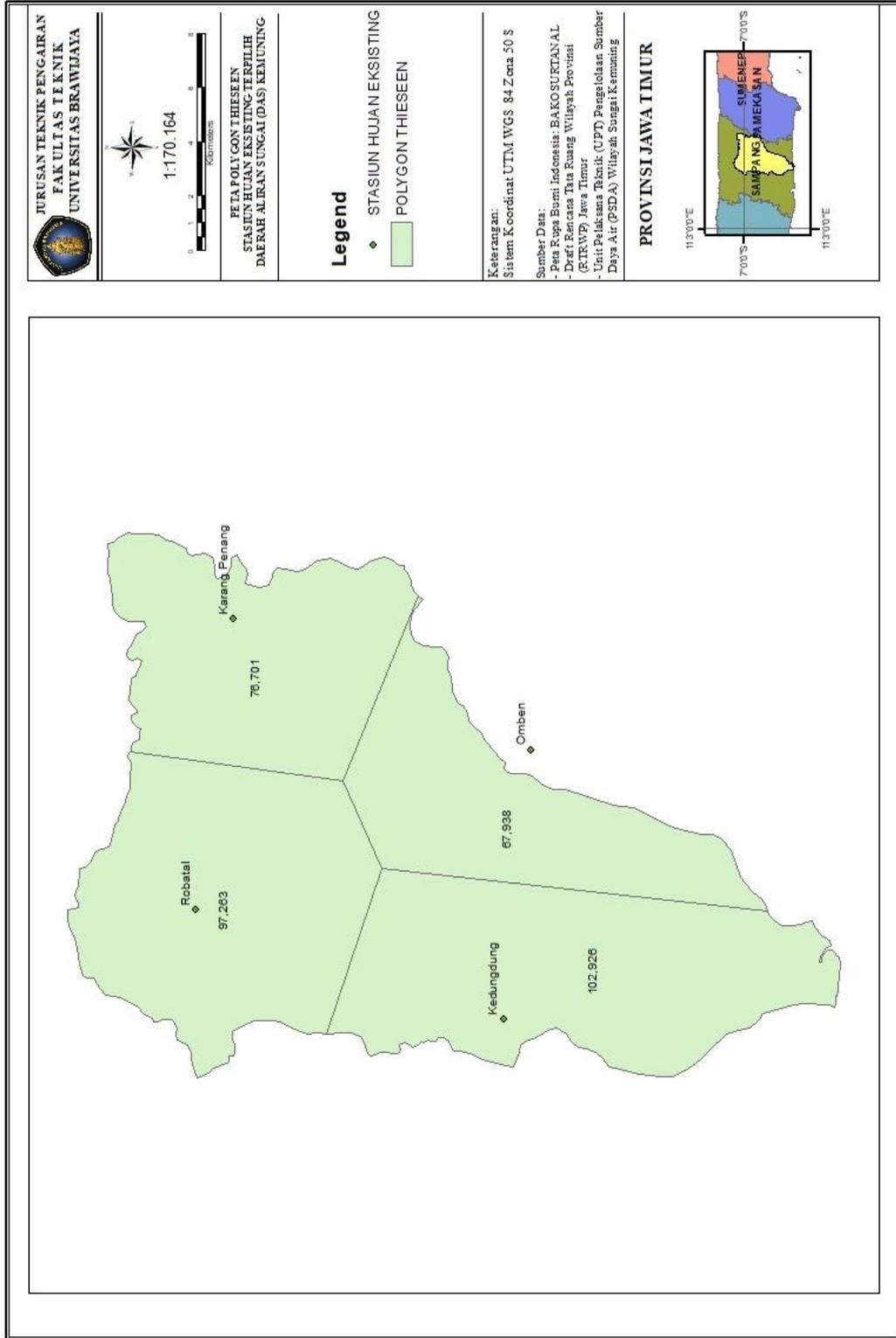
11. Selanjutnya pemilihan percobaan stasiun hujan Kagan-Rodda berdasarkan pada jaring-jaring dimana stasiun di dalamnya jumlahnya sesuai dengan perhitungan kesalahan perataan dan kesalahan interpolasi yaitu 4 stasiun hujan dan berdasarkan hasil penyaringan data yang baik. Hasil plot stasiun hujan terpilih dan plot *Poligon Thiessen* disajikan pada Gambar 4.5. dan Gambar 4.6

12. Selanjutnya gambar jaringan diplotkan diatas peta DAS dan stasiun hujan Robatal sebagai titik acuan setelah dilakukan uji coba-coba pengeplotan 4 stasiun hujan sampai didapat hasil yang merata. Dengan mengacu pada stasiun Robatal, maka simpul-simpul segitiga dalam DAS dapat ditentukan sesuai dengan jumlah stasiun hasil perhitungan, dan simpul – simpul tersebut merupakan lokasi stasiun hujan Kagan-Rodda. Hasil plot jaring-jaring Kagan-Rodda disajikan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.5 Peta Stasiun Hujan Terpilih Berdasarkan Kagan-Rodda dan Kualitas Data

Sumber: Hasil Penggambaran, 2018



Gambar 4.6 Polygon Thiessen Stasiun Hujan Terpilih Berdasarkan Kagan-Rodda dan Kualitas Data

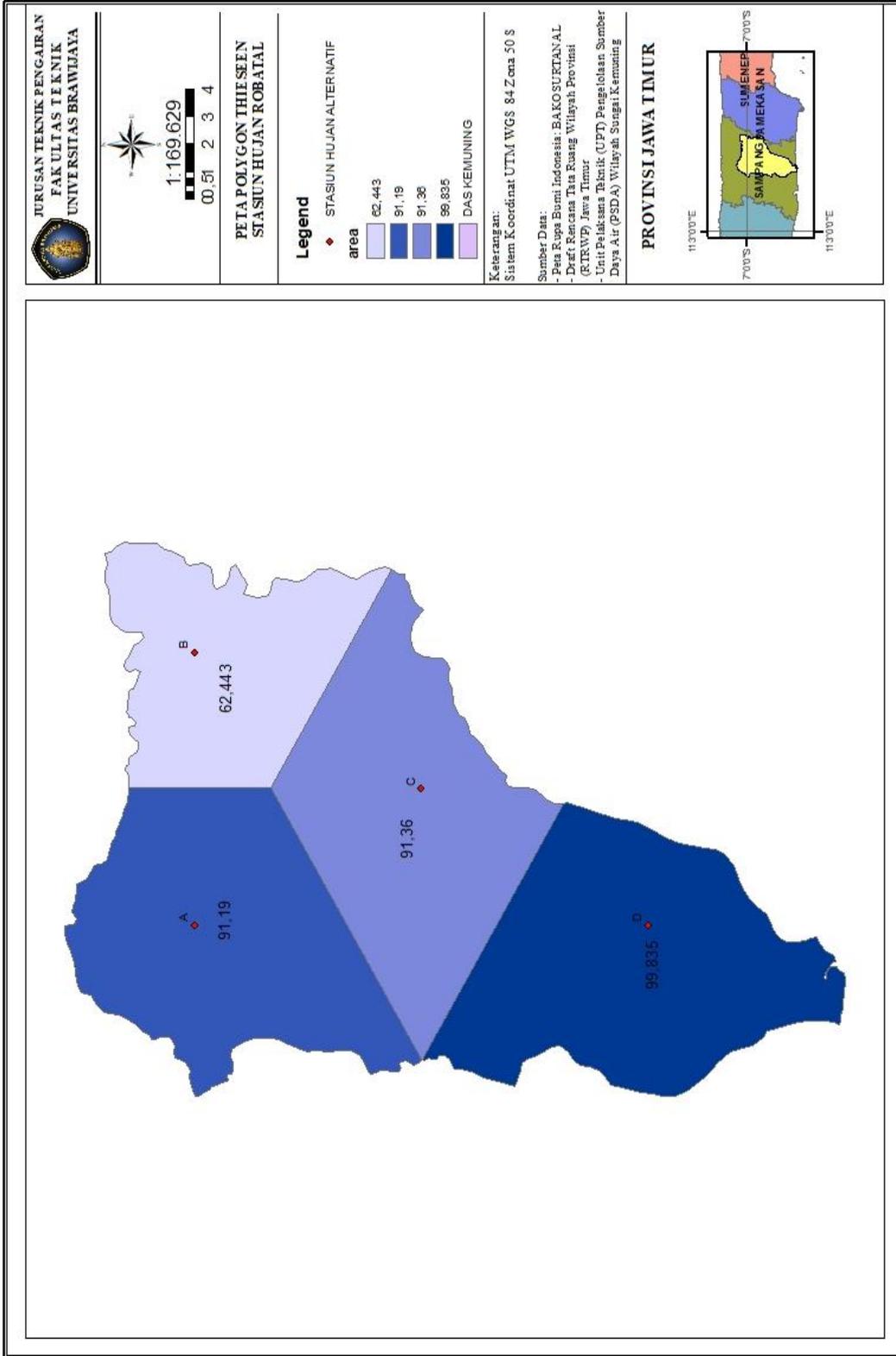
Sumber: Hasil Penggambaran, 2018

Tabel 4.23
Titik Koordinat Stasiun Hujan Eksisting dan Stasiun Kagan-Rodda

No	Stasiun Eksisting	Koordinat		Stasiun Kagan-Rodda	Koordinat	
		L. Selatan	B. Timur		L. Selatan	B. Timur
1	Robatal	7° 0' 7,64"	113° 16' 41,43"	A	7°0'3,904"	113°16'44,232"
2	Karang penang	7° 0' 52,61"	113° 22' 32,77"	B	7°0'8,286"	113°21'5,192"
3	Kedungdung	7° 6' 32,29"	113° 14' 31,55"	C	7°3'51,874"	113°18'52,05"
4	Omben	7° 7' 3,73"	113° 19' 57,21"	D	7°7'41,101"	113°16'44,581"

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Berdasarkan Gambar 4.7 dapat diketahui luasan pengaruh dari masing masing stasiun hujan rekomendasi Kagan-Rodda. Hasil analisa dan luas pengaruh stasiun hujan rekomendasi Kagan-Rodda disajikan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 *Polygon Thiessen* Stasiun Hujan Rekomendasi Kagan-Rodda

Sumber: Hasil Penggambaran, 2018

Tabel 4.24
Kerapatan Jaringan Stasiun Hujan Rekomendasi Kagan-Rodda

NO	Stasiun Kagan-Rodda	Luas Thiessen (Km)	Luas Pengaruh (%)
1	A	91.19	26%
2	B	62.44	18%
3	C	91.60	27%
4	D	99.84	29%
JUMLAH		344.23	100%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

4.4.1. Rumus Modifikasi Kagan-Rodda

Rumus modifikasi Kagan-Rodda didapatkan dari rumus asli Kagan-Rodda dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. $L_{Kagan} = 9,9260$ km
2. $L_{Asli} = 12,972$ km
3. Koefisien (K) untuk rumus modifikasi L Kagan-Rodda:

$$L_{Kagan} = K \cdot L_{Asli}$$

$$K \text{ (Koefisien)} = \frac{L_{Kagan}}{L_{Asli}}$$

$$= \frac{9,9260}{12,972}$$

$$= 0,7651$$

4. Koefisien untuk Rumus Kagan Modifikasi:

$$\text{Koefisien baru} = 0,7651 \times 1,07$$

$$= 0,8187$$

$$\text{Rumus modifikasi} = 0,8187 \sqrt{\frac{A}{n}}$$

$$L = 0,8187 \sqrt{\frac{A}{n}}$$

$$= 0,8187 \times (344,230/4)^{0,5} = 7,59492 \text{ km}$$

4.5. Evaluasi Stasiun Hujan Metode Kagan-Rodda

Dari hasil pengeplotan stasiun hujan sesuai Gambar 4.8, didapatkan letak stasiun yang akan dipergunakan dalam perhitungan selanjutnya, sehingga perlu dilakukan evaluasi terhadap stasiun hujan hasil rekomendasi Kagan-Rodda. Dari hasil pengeplotan jaringan Kagan-Rodda dapat ditentukan stasiun-stasiun hujan eksisting yang terdekat dengan stasiun hujan Kagan-Rodda. Langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Dari stasiun terpilih dihitung koefisien korelasi ($r_{(d)}$) untuk jarak (d) dengan persamaan eksponensial dari grafik eksponensial (Gambar 4.4). Stasiun yang terpilih adalah stasiun yang mempunyai koefisien korelasi yang mendekati koefisien korelasi untuk jarak stasiun 0 m ($r_{(0)}$) dengan kesalahan relatif $< 10\%$. Berikut contoh perhitungan pada Stasiun Karang Penang:

- (d) stasiun Karang Penang ke titik simpul terdekat (Stasiun B) = 1,6672 km
- Dari grafik eksponensial (pada Gambar 4.4) didapatkan fungsi eksponensial

$$y = 0,5078 e^{-0,0192x}, \text{ maka:}$$

$$r_{(0)} = 0,5078$$

$$r_{(d)} = 0,5078 e^{-0,0192d}$$

$$r_{(d)} = 0,5078 e^{-0,0192(1,6672)}$$

$$r_{(d)} = 0,5243$$

- Kesalahan relatifnya

$$KR = \frac{r_{(0)} - r_{(d)}}{r_{(0)}} \times 100\% = 3,25\%$$

Tabel 4.25.

Evaluasi Pola Sebaran Stasiun Hujan Eksisting terhadap Stasiun Hujan Rekomendasi Kagan-Rodda Berdasarkan $r_{(d)}$

No	Stasiun Hujan	Terdekat dengan Titik simpul	Jarak dari titik simpul (d) (Km)	$r(0)$	$r(d)$	KR (%)	Keterangan
1	Robatal	Stasiun A	0	0.5078	0	0.00%	Terpilih
2	Karang Penang	Stasiun B	1.6672	0.5078	0.524318	3.25%	Terpilih
3	Kedungdung	Stasiun C	4.3504	0.5078	0.552037	8.71%	Terpilih
4	Omben	Stasiun D	6.7715	0.5078	0.578304	13.88%	Terpilih

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Berdasarkan Tabel 4.25, dapat disimpulkan bahwa stasiun hujan rekomendasi Kagan-Rodda memperbaiki jarak antar stasiun agar tiap-tiap stasiun hujan dapat bekerja secara optimal dengan masing-masing luas pengaruhnya. Hal ini dibuktikan dengan stasiun hujan eksisting pilihan Kagan-Rodda mempunyai koefisien korelasi ($r_{(d)}$) yang mendekati koefisien korelasi untuk jarak stasiun 0 m ($r_{(0)}$) dengan kesalahan relatif $< 10\%$.

2. Stasiun hujan eksisting terpilih Kagan-Rodda dihitung jarak (L) antar stasiun sekitar terdekat kemudian dilakukan perhitungan kesalahan relatif untuk L stasiun hujan eksisting terpilih Kagan-Rodda terhadap L Kagan-Rodda modifikasi. Hasil evaluasi disajikan pada Tabel 4.26.

Tabel 4.26

Evaluasi Pola Sebaran Stasiun Hujan Eksisting Terpilih Kagan-Rodda Berdasarkan Jarak Antar Stasiun

No	Stasiun Acuan	Stasiun sekitar	L Asli (Km)	L Kagan-Rodda Modifikasi (Km)	KR (%)
	Robatal	Karang Penang	10.839	7.59492	42.71%
	Robatal	Kedungdung	12.447	7.59492	63.89%
	Robatal	Omben	14.133	7.59492	86.08%
	Karang Penang	Kedungdung	18.033	7.59492	137.44%
	Karang Penang	Omben	12.357	7.59492	62.70%
	Kedungdung	Omben	10.027	7.59492	32.02%
Rata-rata L Asli				12.97266667	
Rata-rata KR				70.81%	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

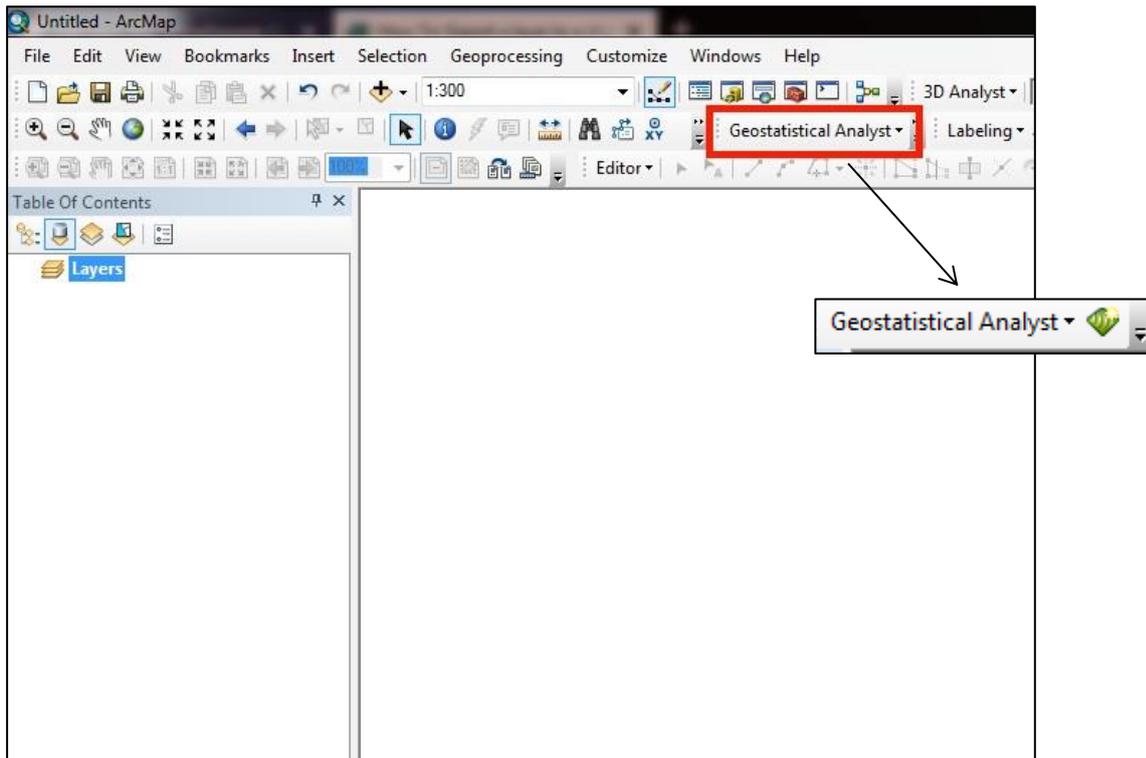
Berdasarkan Tabel 4.26, dapat disimpulkan bahwa stasiun hujan eksisting di DAS Kemuning memang perlu dilakukan pergeseran sesuai metode Kagan-Rodda agar sebaran stasiun hujan merata di seluruh DAS. Hal ini terbukti dari nilai rata – rata kesalahan relatif stasiun hujan eksisting > 10% yaitu sebesar 70.81%. Selanjutnya jaringan ini akan dianalisa hubungannya dengan aspek topografi.

4.6. Rasionalisasi Stasiun Hujan dengan Metode Kriging

Kriging adalah metode geostatika yang menggunakan nilai yang sudah diketahui dan semivariogram untuk memprediksi nilai pada lokasi lain yang belum diukur. Langkah – langkah dalam pengerjaan metode Kriging adalah sebagai berikut:

1. Mulai ArcMap dan menambahkan *Geostatistical Analyst*

Klik tombol Start pada taskbar Windows, arahkan pada program ArcGis, kemudian klik ArcMap. Klik Customize kemudian klik Toolbars, centang *Geostatistical Analyst*. Setelah itu akan muncul seperti gambar berikut:

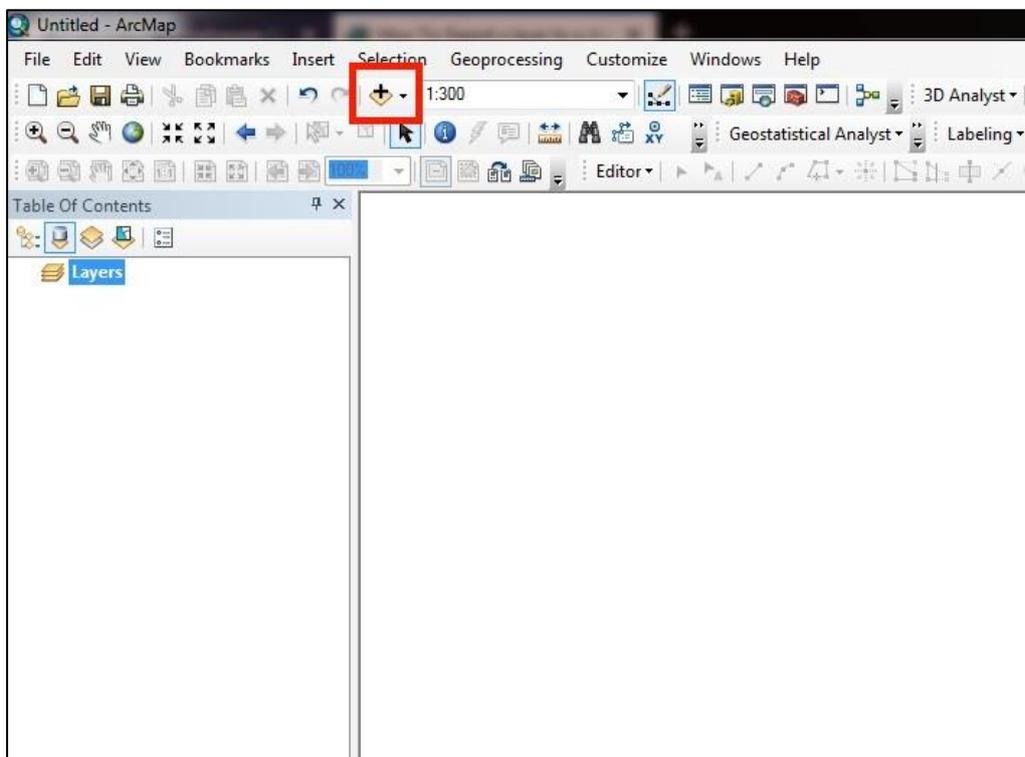


Gambar 4.9 Menambah Toolbar Geostatistical Analysis

Sumber: Aplikasi ArcMap GIS 10.2

2. Menambahkan layer ke ArcMap

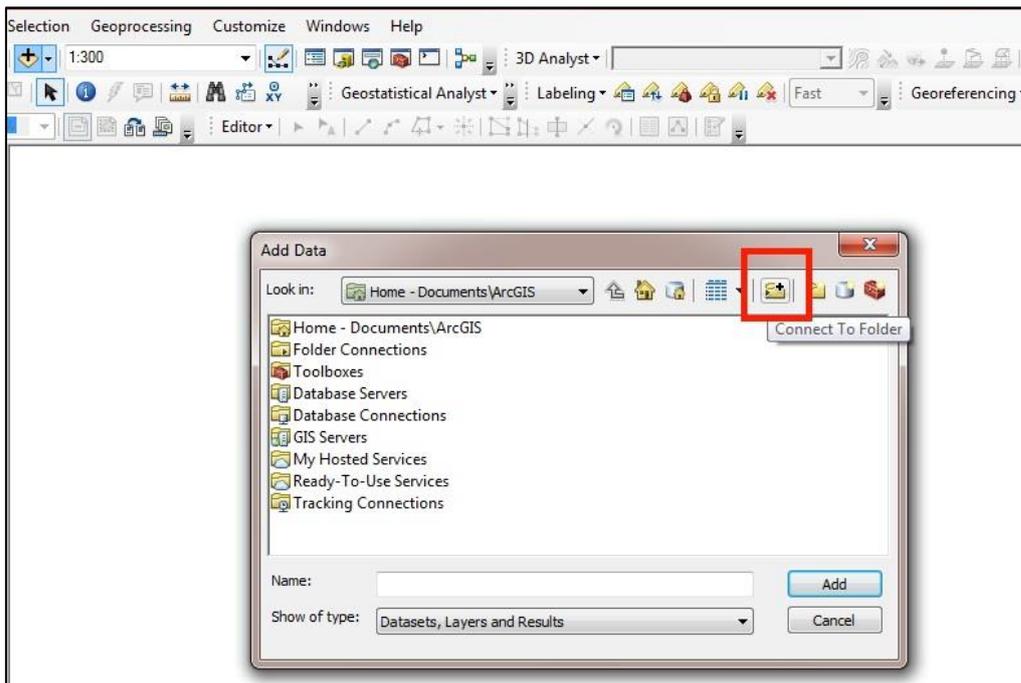
- Klik tombol Add data pada Toolbar Standart



Gambar 4.10 Menambah data pada ArcMap

Sumber: Aplikasi ArcMap GIS 10.2

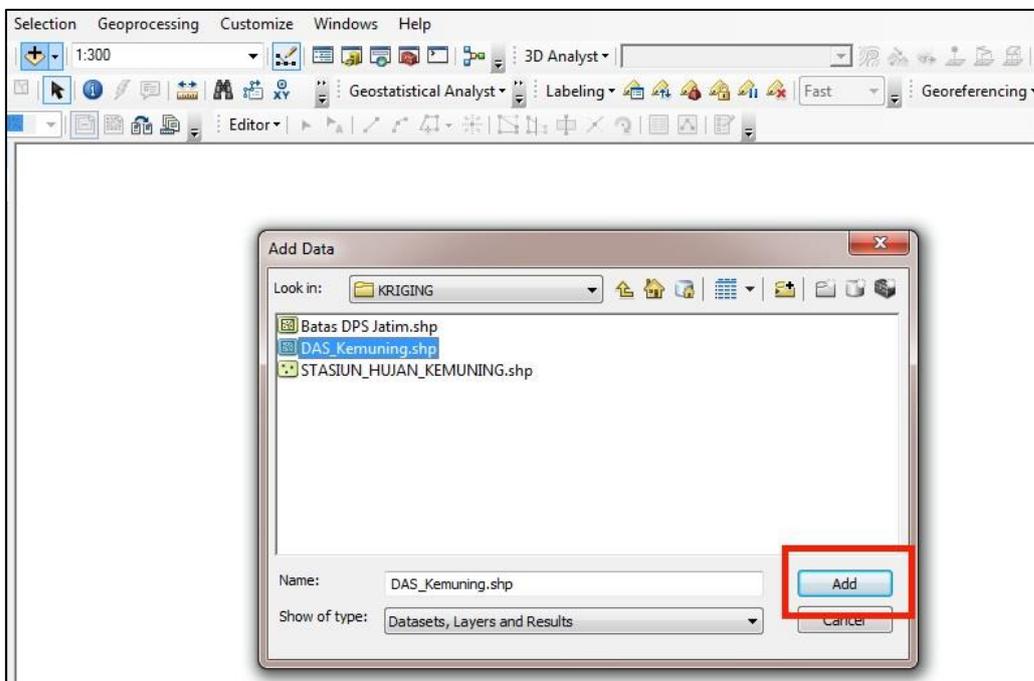
- Klik icon *connect to folder* untuk menambah data shp yang digunakan.



Gambar 4.11 Menambah data shp pada ArcMap

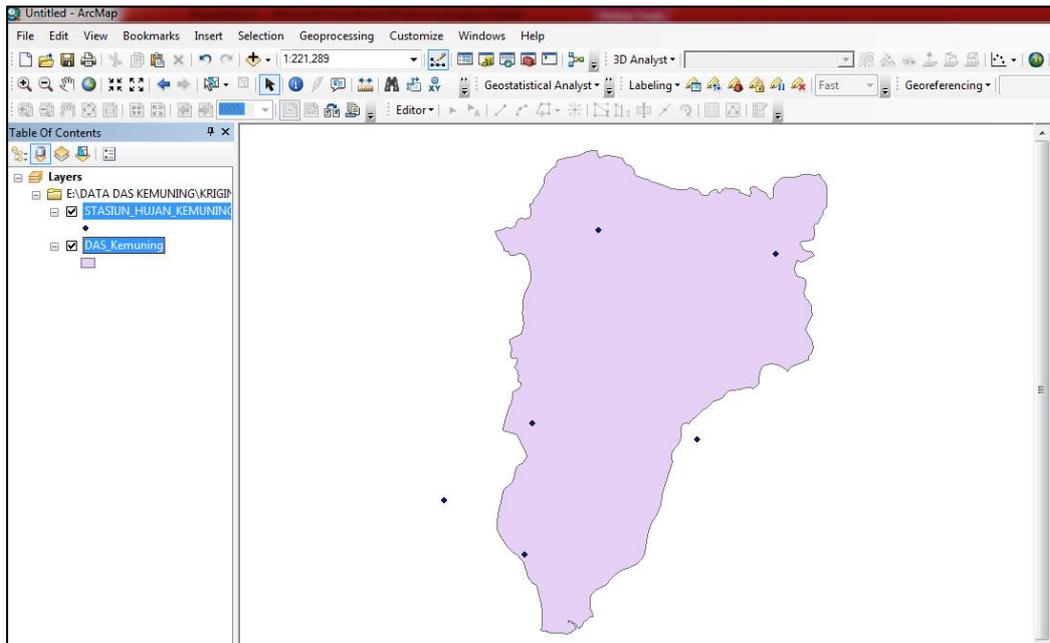
Sumber: Aplikasi ArcMap GIS 10.2

- Klik Add, layer akan ditambahkan ke ArcMap. (Lakukan hal yang sama untuk menambahkan layer lain yang akan digunakan)



Gambar 4.12 Menambah data shp yang digunakan pada ArcMap

Sumber: Aplikasi ArcMap GIS 10.2

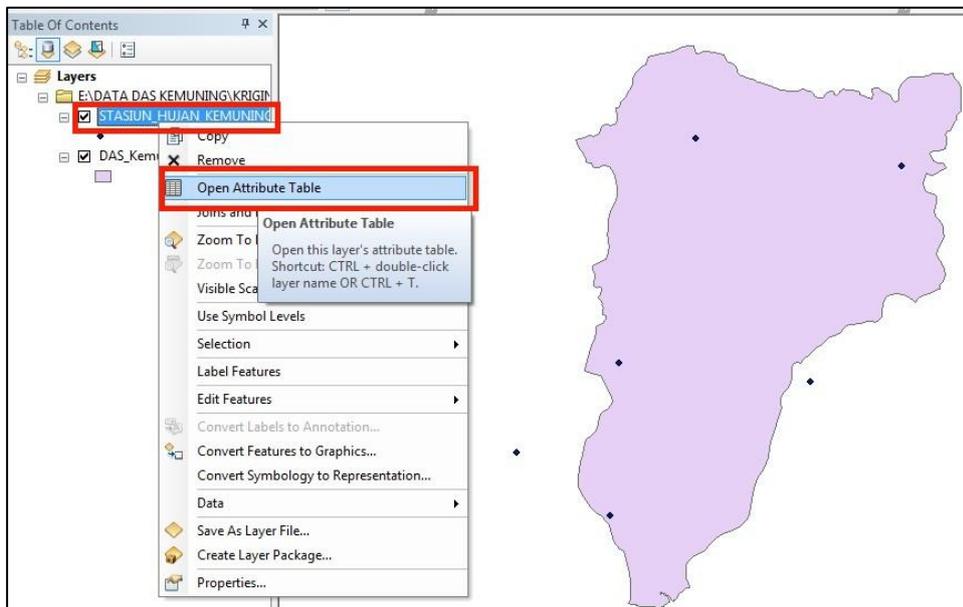


Gambar 4.13 Tampilan layer yang telah ditambahkan pada ArcMap

Sumber: Aplikasi ArcMap GIS 10.2

3. Memasukkan data curah hujan kumulatif tahunan yang telah dirata-rata untuk tiap stasiun hujan. Dalam perencanaan jaringan stasiun hujan dengan metode Kriging didasarkan pada curah hujan kumulatif tahunan yang telah dirata-rata. Langkah-langkah memasukkan data curah hujan sebagai berikut:

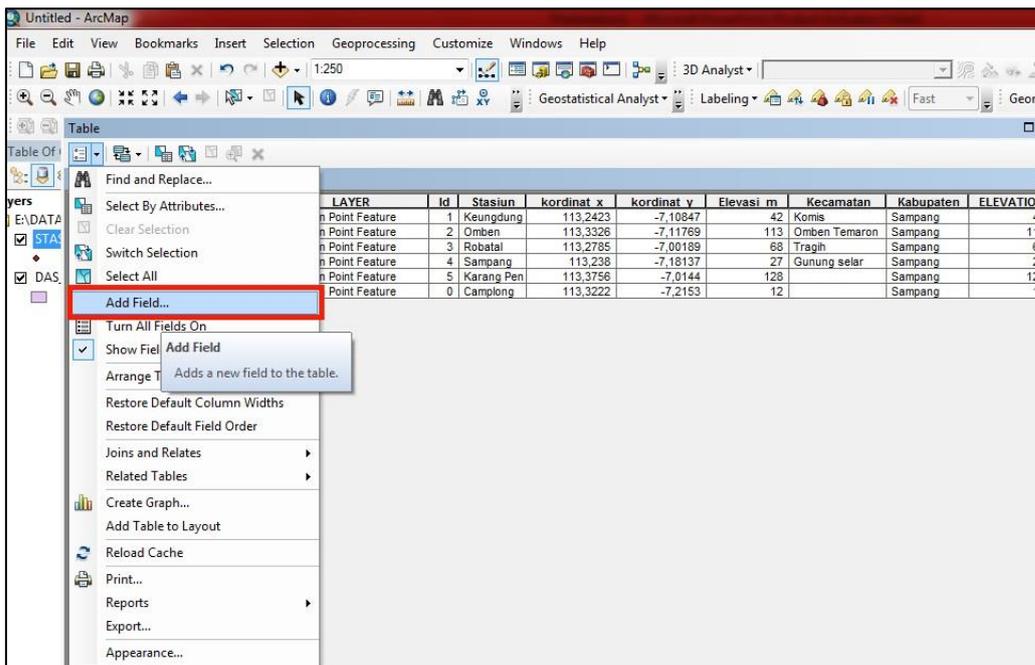
- Klik kanan pada layer “Stasiun Hujan”, kemudian pilih *Open Attribute Table*.



Gambar 4.14 Membuka menu *Open Attribute Table*

Sumber: Aplikasi ArcMap GIS 10.2

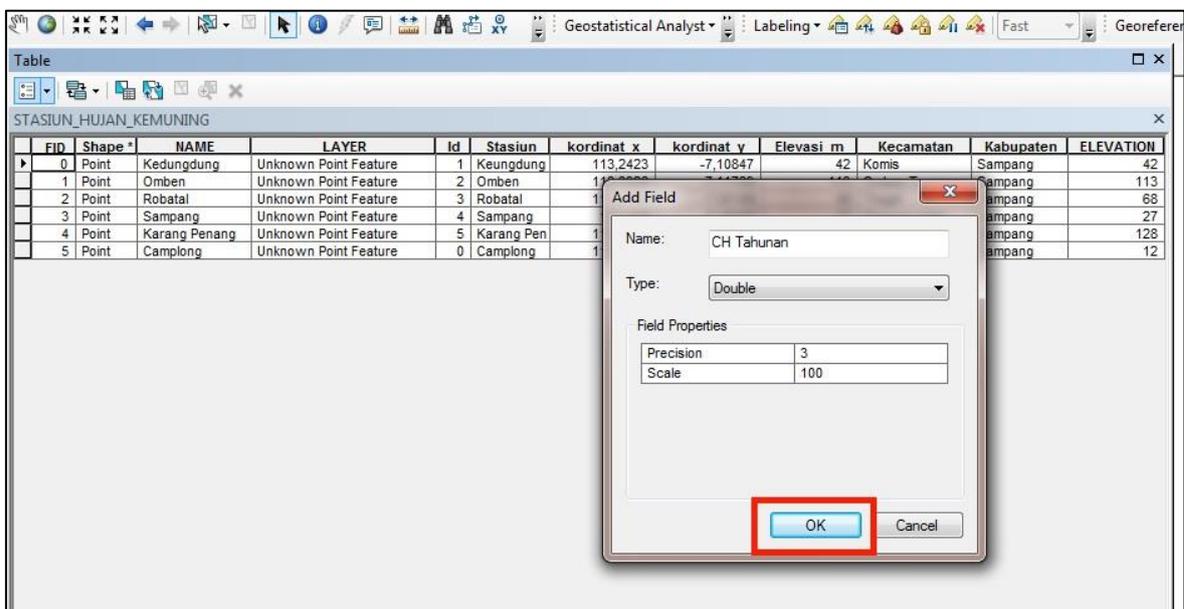
- Setelah tabel terbuka, kemudian klik Option lalu pilih Add Field. (Untuk menambahkan kolom pada tabel yang berisi curah hujan)



Gambar 4.15 Tampilan tabel yang telah dibuka

Sumber: Aplikasi ArcMap GIS 10.2

- Pada kolom “CH Tahunan” diisi data curah hujan kumulatif tahunan yang telah dirata-rata pada setiap stasiun hujan.

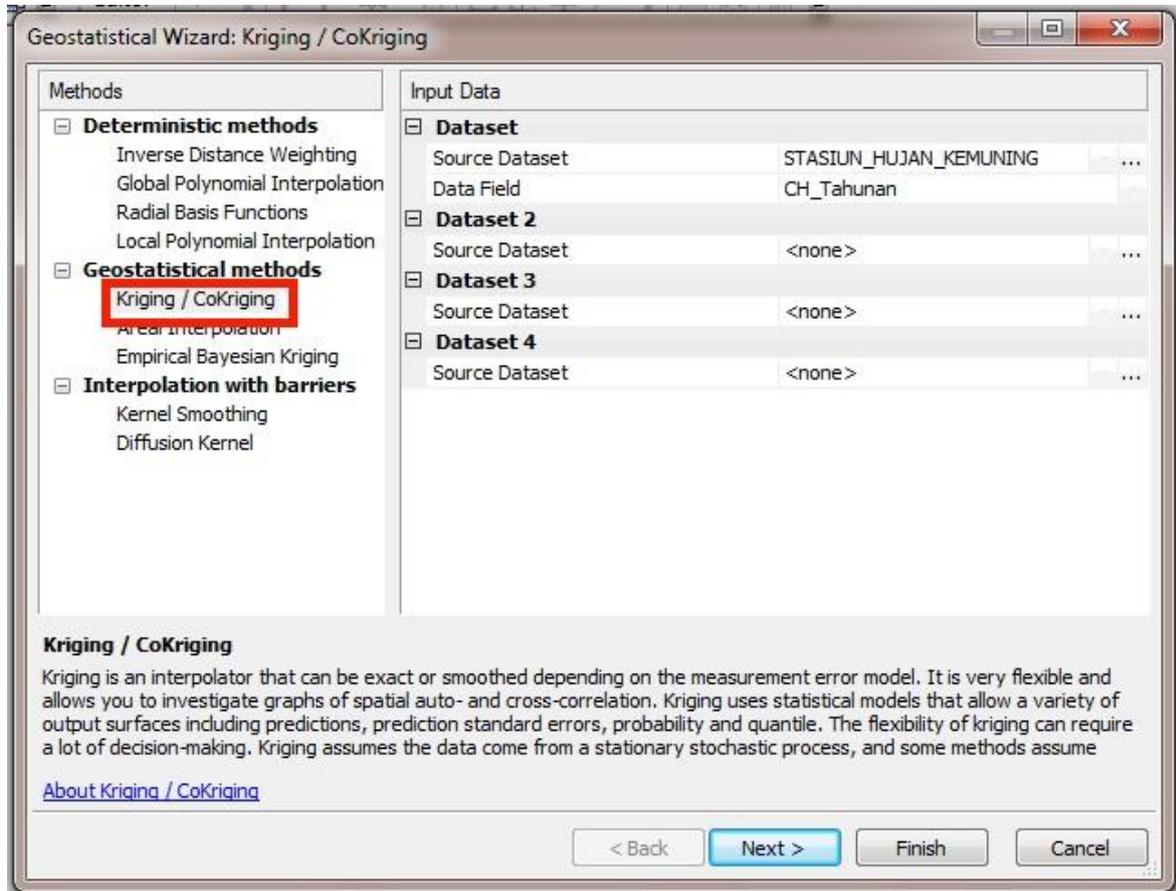


Gambar 4.16 Menambahkan kolom curah hujan pada tabel

Sumber: Aplikasi ArcMap GIS 10.2

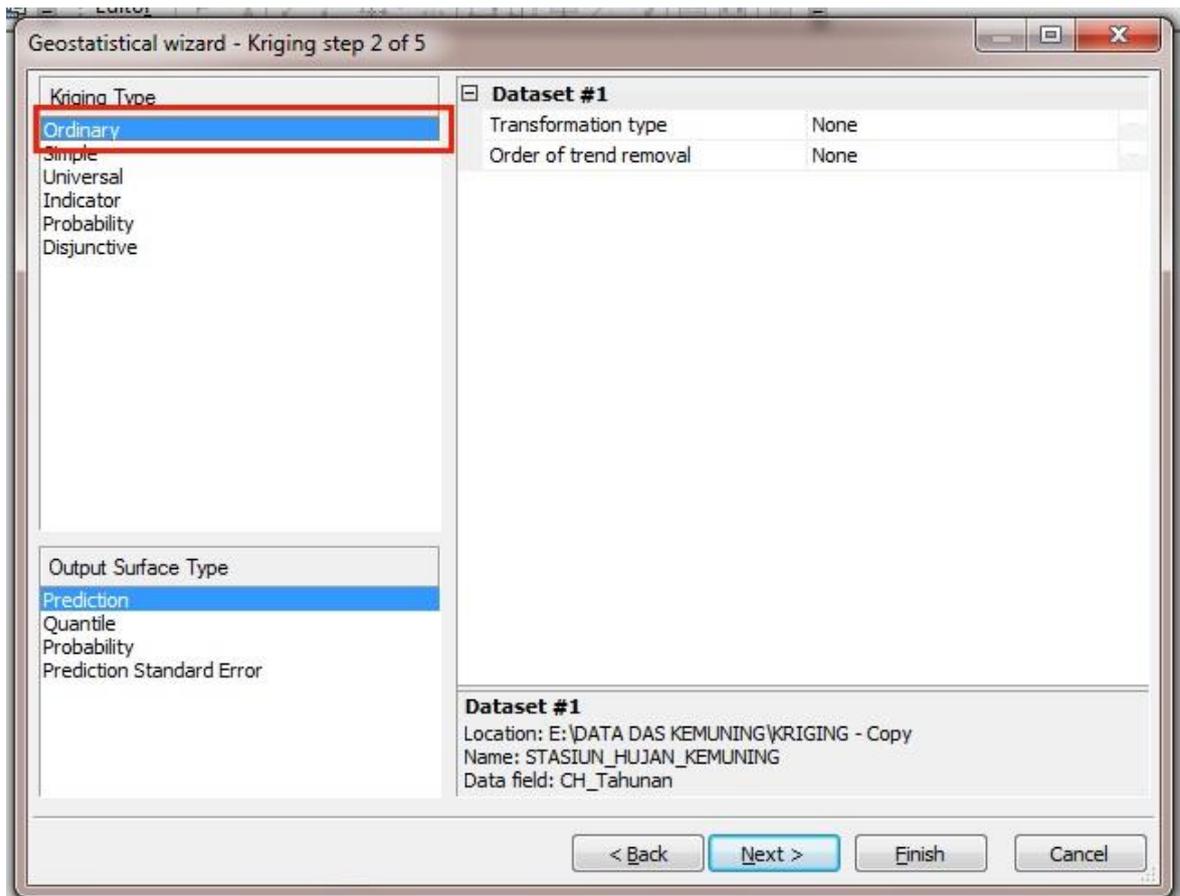
4. Dari data curah hujan yang diperoleh, dilakukan permodelan semivariogram. Untuk mempermudah permodelan dilakukan *binning* (pengelompokan nilai semivariogram) pada semivariogram. Proses *binning* didasarkan pada jarak terjauh antar stasiun hujan. Jarak terjauh antar stasiun hujan yaitu 24,093 km (jarak antar stasiun hujan Robatal dengan

stasiun hujan Camplong). Untuk pemilihan *lag* dan banyaknya *lag* dalam pemodelan semivariogram yaitu yang menghasilkan nilai perkalian 12,046 (setengah dari jarak terjauh antar stasiun hujan). Dari hasil percobaan didapat bahwa kombinasi *lag* 3230,515 m dan banyaknya *lag* 8 merupakan kombinasi terbaik yang menghasilkan nilai RMSE dan MAE yang terkecil. Semivariogram hasil *binning* disajikan pada gambar 4.19-4.20.



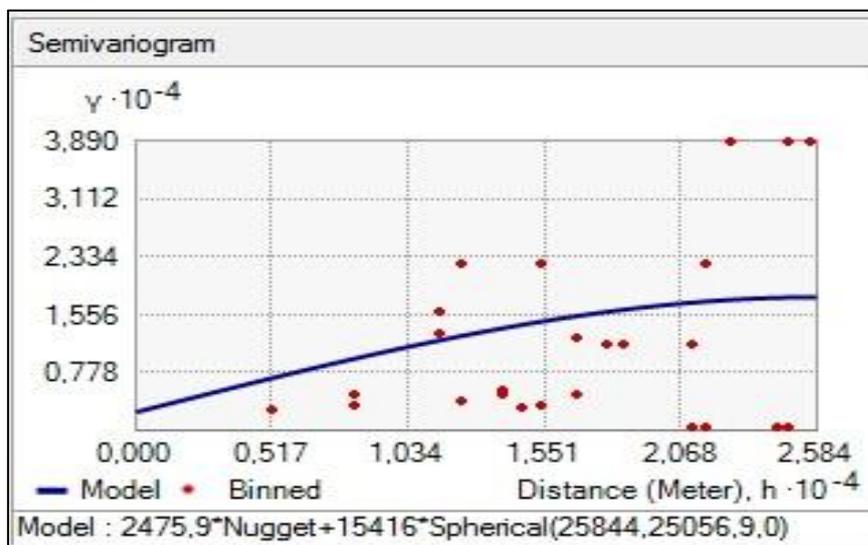
Gambar 4.17 Pemilihan Input Data, Metode dan Atribut

Sumber: Aplikasi ArcMap GIS 10.2



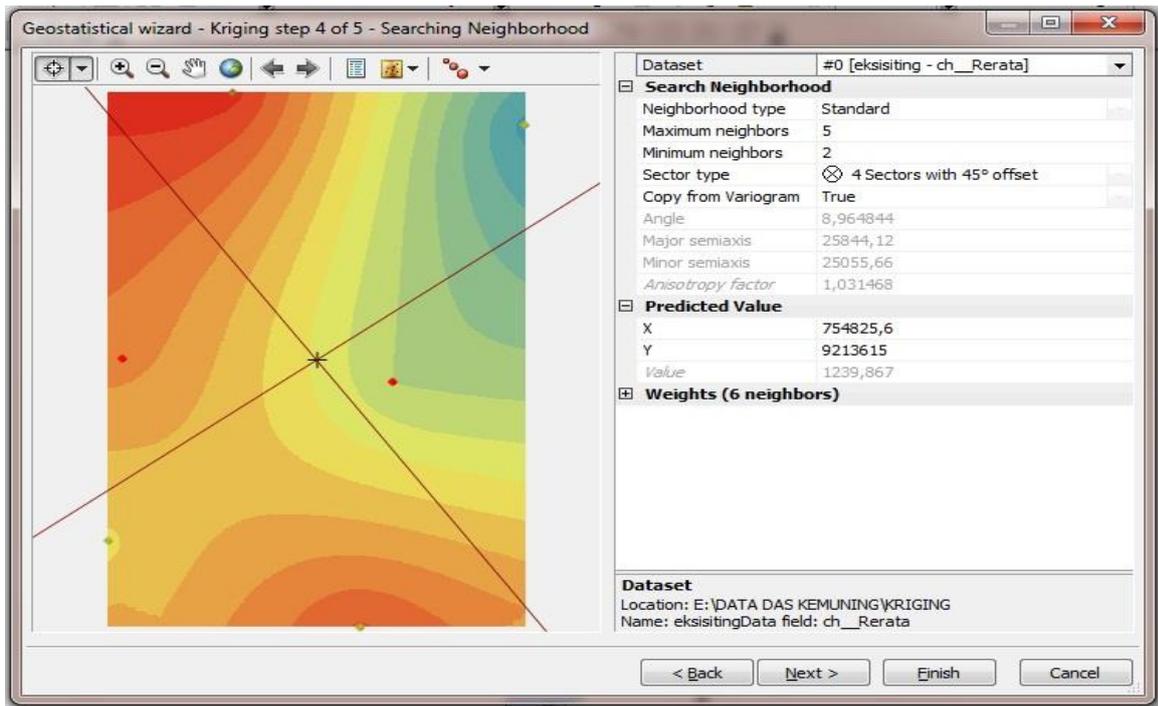
Gambar 4.18 Pemilihan Metode (Ordinary Kriging)

Sumber: Aplikasi ArcMap GIS 10.2



Gambar 4.19 Semivariogram Curah Hujan Hasil Binning

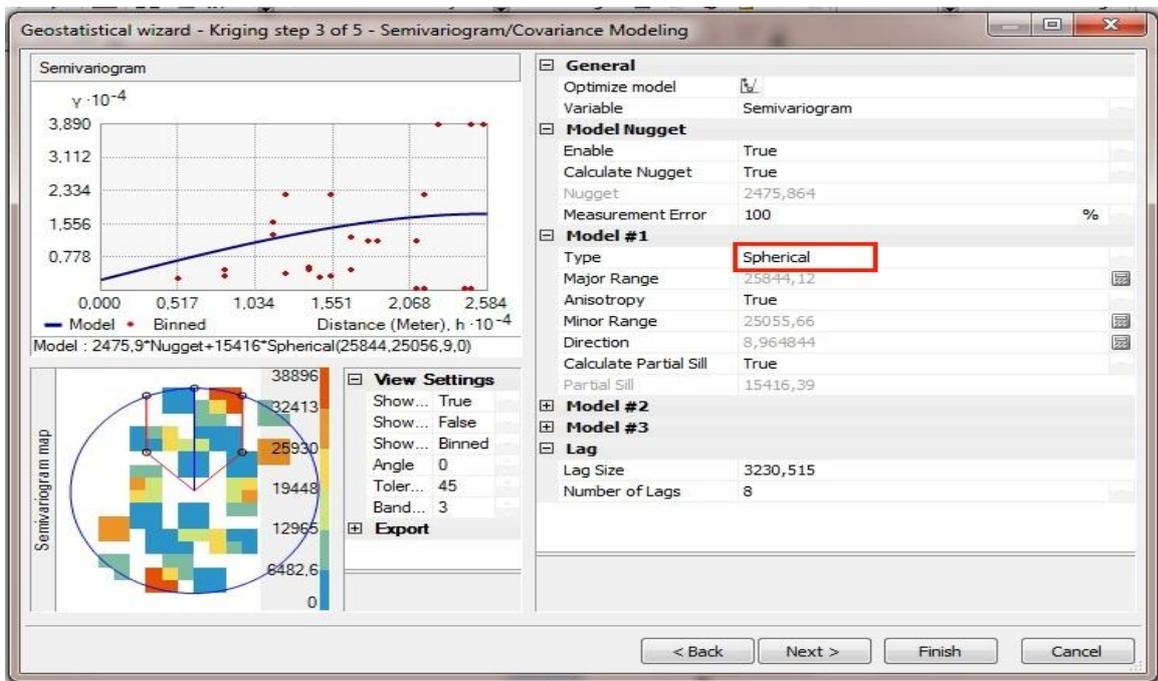
Sumber: Hasil Analisa Metode Kriging pada Aplikasi ArcMap GIS 10.2



Gambar 4.20 Semivariogram Curah Hujan Hasil *Binning*

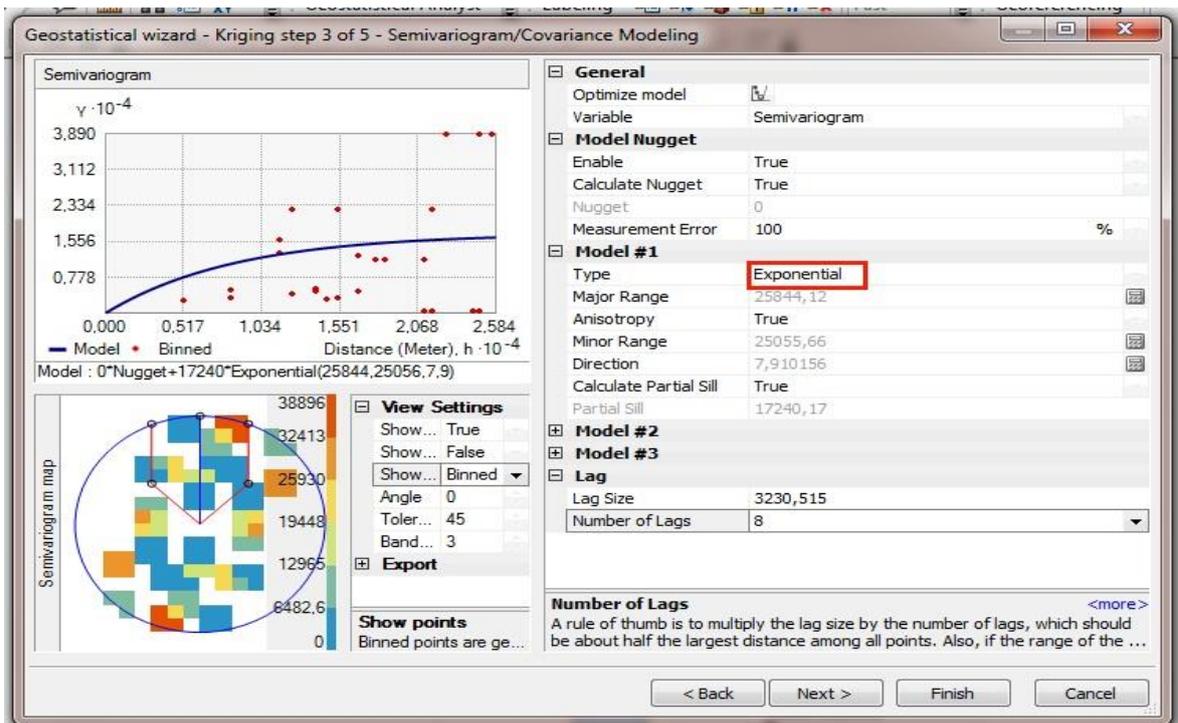
Sumber: Hasil Analisa Metode Kriging pada Aplikasi ArcMap GIS 10.2

5. Setelah *binning*, dilakukan permodelan semivariogram dengan menggunakan tiga model semivariogram baku yaitu *spherical*, *exponential*, dan *gaussian*. Ketiga model tersebut merupakan model yang sering digunakan dalam metode Kriging.



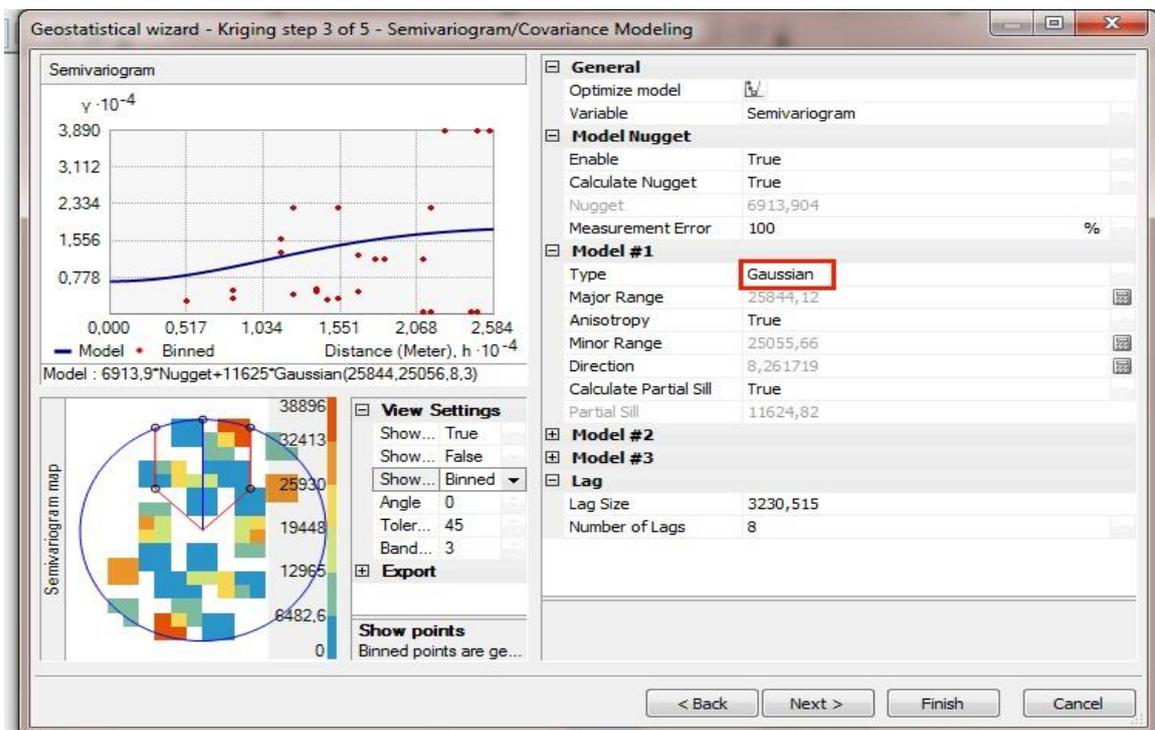
Gambar 4.21 Permodelan Semivariogram *Spherical*

Sumber: Hasil Analisa Metode Kriging pada Aplikasi ArcMap GIS 10.2



Gambar 4.22 Permodelan Semivariogram Exponential

Sumber: Hasil Analisa Metode Kriging pada Aplikasi ArcMap GIS 10.2



Gambar 4.23 Permodelan Semivariogram Gaussian

Sumber: Hasil Analisa Metode Kriging pada Aplikasi ArcMap GIS 10.2

6. Untuk mengetahui model semivariogram yang terbaik yang nanti akan digunakan dalam prediksi interpolasi Kriging, maka dilakukan *cross validation* dengan melakukan

prediksi interpolasi Kriging untuk setiap model semivariogram. RMSE dan MAE yang diperoleh dibandingkan untuk mendapatkan model semivariogram terbaik dan terkecil. Perhitungan *cross validation* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.27

Cross Validation Model Semivariogram Spherical

No	Nama Stasiun Hujan	Curah Hujan Sebenarnya (mm/tahun)	Curah Hujan Prediksi (mm/tahun)	Galat (mm/tahun)	Kuadrat Galat	Galat Mutlak
1	Kedungdung	1321.3	1275.1	46.2	2133.4	46.2
2	Omben	1187.6	1274.8	-87.2	7605.6	87.2
3	Robatal	1399.7	1204.3	195.4	38197.3	195.4
4	Sampang	1246.7	1316.3	-69.6	4847.6	69.6
5	Karang Penang	1087.8	1309.1	-221.3	48979.6	221.3
6	Camplong	1366.7	1222.5	144.1	20778.4	144.1
Jumlah					122541.9	763.9

Sumber: Hasil Perhitungan dan Analisa GIS, 2018

Tabel 4.28

Cross Validation Model Semivariogram Exponential

No	Nama Stasiun Hujan	Curah Hujan Sebenarnya (mm/tahun)	Curah Hujan Prediksi (mm/tahun)	Galat (mm/tahun)	Kuadrat Galat	Galat Mutlak
1	Kedungdung	1321.3	1265.6	55.6	3094.8	55.6
2	Omben	1187.6	1280.3	-92.7	8593.3	92.7
3	Robatal	1399.7	1210.7	189.0	35713.2	189.0
4	Sampang	1246.7	1307.7	-61.0	3719.1	61.0
5	Karang Penang	1087.8	1312.3	-224.5	50409.8	224.5
6	Camplong	1366.7	1230.3	136.3	18588.6	136.3
Jumlah					120118.9	759.2

Sumber: Hasil Perhitungan dan Analisa GIS, 2018

Tabel 4.29

Cross Validation Model Semivariogram Gaussian

No	Nama Stasiun Hujan	Curah Hujan Sebenarnya (mm/tahun)	Curah Hujan Prediksi (mm/tahun)	Galat (mm/tahun)	Kuadrat Galat	Galat Mutlak
1	Kedungdung	1321.3	1275.8	45.4	2063.2	45.4
2	Omben	1187.6	1274.6	-87.0	7561.6	87.0
3	Robatal	1399.7	1202.8	196.9	38766.2	196.9
4	Sampang	1246.7	1316.2	-69.5	4828.8	69.5
5	Karang Penang	1087.8	1310.5	-222.7	49613.7	222.7
6	Camplong	1366.7	1222.6	144.0	20744.1	144.0
Jumlah					123577.6	765.5

Sumber: Hasil Perhitungan dan Analisa GIS, 2018

Berikut merupakan contoh perhitungan menggunakan *Cross Validation Semivariogram Spherical*:

- CH Sebenarnya = 1321,3 mm/tahun
- CH Prediksi = 1275,1 mm/tahun (hasil dari interpolasi Kriging pada stasiun hujan Kedungdung)
- Galat = CH. Sebenarnya – CH. Prediksi
= 1321,3 – 1275,1
= 46,2 mm/tahun
- Kuadrat Galat = Galat²
= (46,2)²
= 2133,4 mm/tahun
- Galat Mutlak = |46,2|
= 46,2 mm/tahun

7. Dengan persamaan (2-44) dan (2-46) dapat dihitung nilai RMSE dan MAE untuk masing-masing model semivariogram sebagai berikut:

- Model *Spherical*

$$\begin{aligned} \text{RMSE} &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n}} \\ &= \sqrt{\frac{122541,9}{6}} \\ &= 142,991 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MAE} &= \frac{\sum_{i=1}^n |e_i|}{n} \\ &= \frac{763,9}{6} \\ &= 127,31 \end{aligned}$$

- Model *Exponential*

$$\begin{aligned} \text{RMSE} &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n}} \\ &= \sqrt{\frac{120118,9}{6}} \\ &= 141,491 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MAE} &= \frac{\sum_{i=1}^n |e_i|}{n} \\ &= \frac{759,2}{6} \\ &= 126,526 \end{aligned}$$

- Model *Gaussian*

$$\begin{aligned} \text{RMSE} &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n}} \\ &= \sqrt{\frac{123577,6}{6}} \\ &= 143,514 \\ \text{MAE} &= \frac{\sum_{i=1}^n |e_i|}{n} \\ &= \frac{765,5}{6} \\ &= 127,588 \end{aligned}$$

Perbandingan nilai RMSE dan MAE dari ketiga model semivariogram disajikan pada tabel berikut ini:

Tabel 4.30

Perbandingan Hasil *Cross Validation* Ketiga Model Semivariogram Stasiun Hujan Eksisting

Model Variogram	RMSE	MAE
Spherical	142.9	127.3
Exponential	141.491	126.526
Gaussian	143.5	127.6

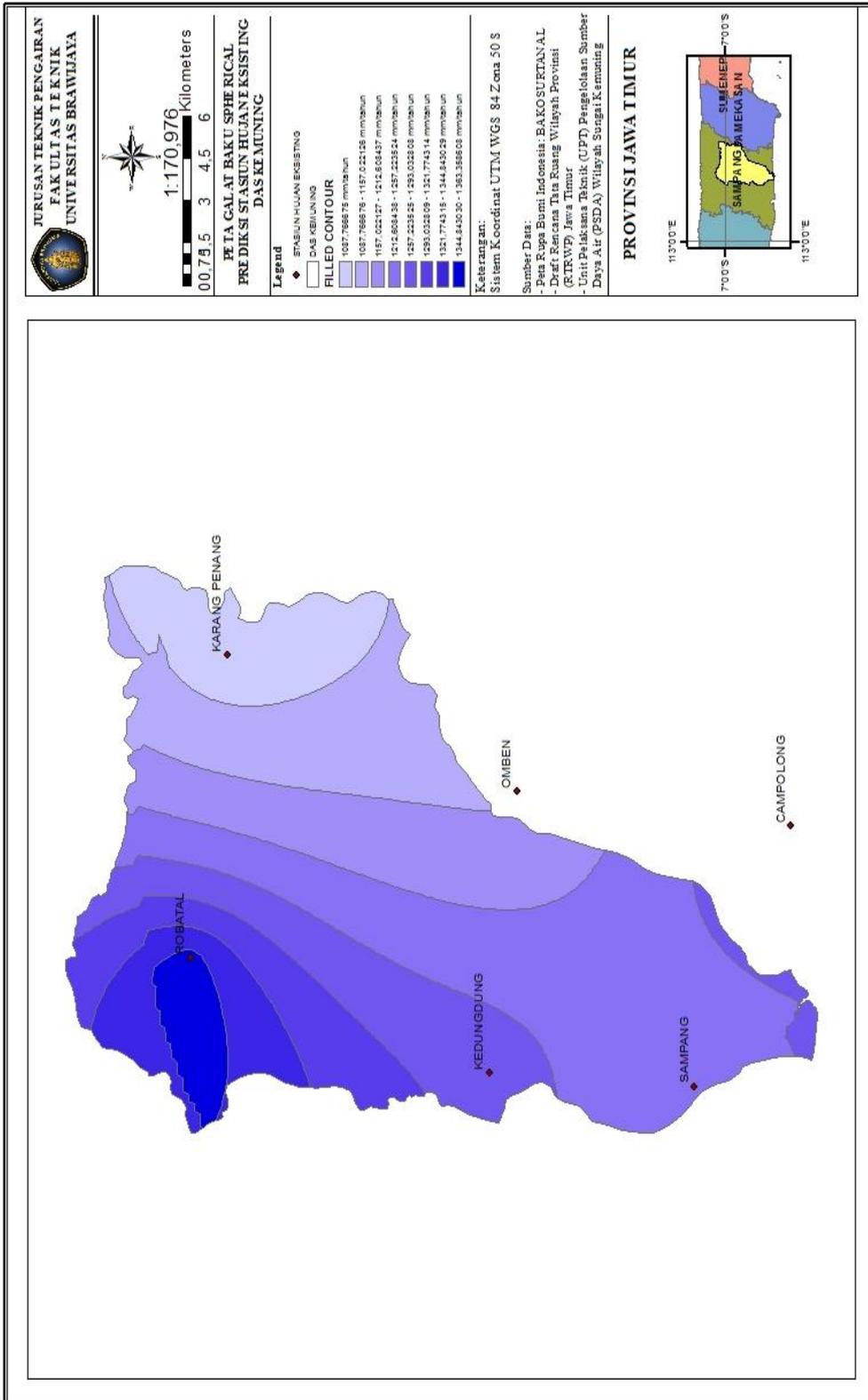
Sumber: Hasil Perhitungan dan Analisa GIS, 2018

Berdasarkan tabel diatas, model variogram *Exponential* memiliki nilai RMSE dan MAE paling kecil, sehingga dapat disimpulkan bahwa korelasi spasial curah hujan di DAS Kemuning dapat dijelaskan oleh model semivariogram *Exponential*.

Dengan mempertimbangkan tingkat perkembangan jaringan stasiun hujan, keadaan jaringan stasiun hujan pada daerah studi dirasa kurang memenuhi, oleh karena itu perlu dilakukan evaluasi terhadap pos hujan yang digunakan dalam analisa selanjutnya dengan mengurangi pos hujan yang ada.

8. Setelah dilakukan pemodelan semivariogram, model terpilih selanjutnya digunakan untuk membuat peta kontur galat baku prediksi (*predicition standart error map*). Tujuan membuat peta kontur untuk mengetahui besar kesalahan distribusi kontur jaringan stasiun hujan pada kondisi eksisting. Peta kontur galat baku prediksi hujan eksisting disajikan pada Gambar 4.24. Dari peta tersebut dapat dilihat bahwa pola penyebaran stasiun hujan mempengaruhi distribusi kontur curah hujan tahunan. Pada daerah dengan kerapatan stasiun hujan yang rendah memiliki kesalahan distribusi kontur yang tinggi.

9. Penentuan letak stasiun hujan yang direkomendasikan dilakukan dengan mensimulasi yang didasarkan pada peta galat baku prediksi stasiun hujan eksisting dengan memperhatikan faktor tata guna lahan, faktor hidraulik dan faktor jaringan transportasi guna memudahkan proses pembangunan dan operasi maupun pemeliharaan stasiun hujan.

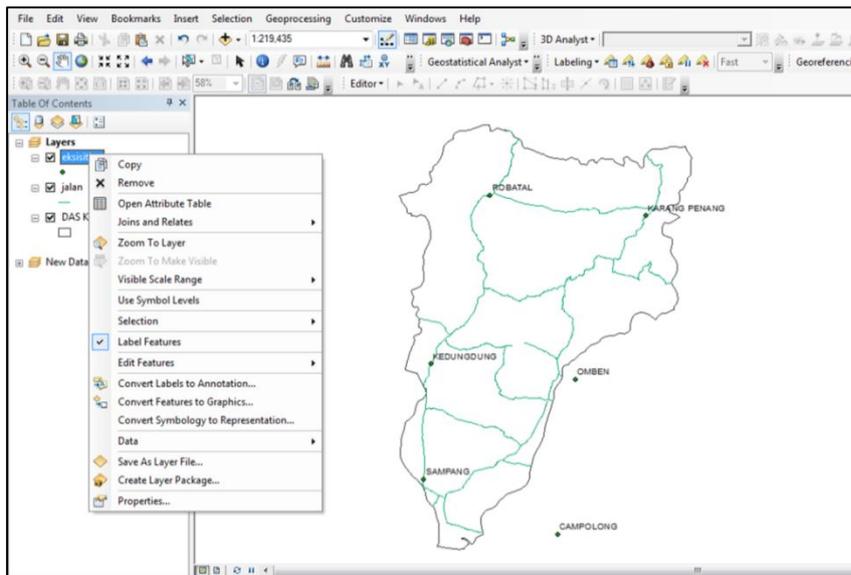


Gambar 4.24 Peta Galat Baku Prediksi Stasiun Hujan Eksisting dengan Aplikasi ArcGIS 10.2

Sumber: Hasil Penggambaran, 2018

Stasiun hujan rekomendasi pada DAS Kemuning terdapat 3 rekomendasi. Untuk rekomendasi I, pengurangan stasiun hujan eksisting berdasarkan stasiun hujan yang tidak lolos pada uji penyaringan data sebanyak 2 stasiun hujan (Sampang dan Camplong). Untuk rekomendasi II pengurangan stasiun hujan eksisting (6 Stasiun Hujan) berdasarkan luas pengaruh 20%. Untuk rekomendasi III pengurangan stasiun hujan sama dengan rekomendasi I dengan mempertimbangkan luas pengaruh sebanyak 25%. Langkah-langkah untuk mengplotkan stasiun hujan rekomendasi adalah sebagai berikut:

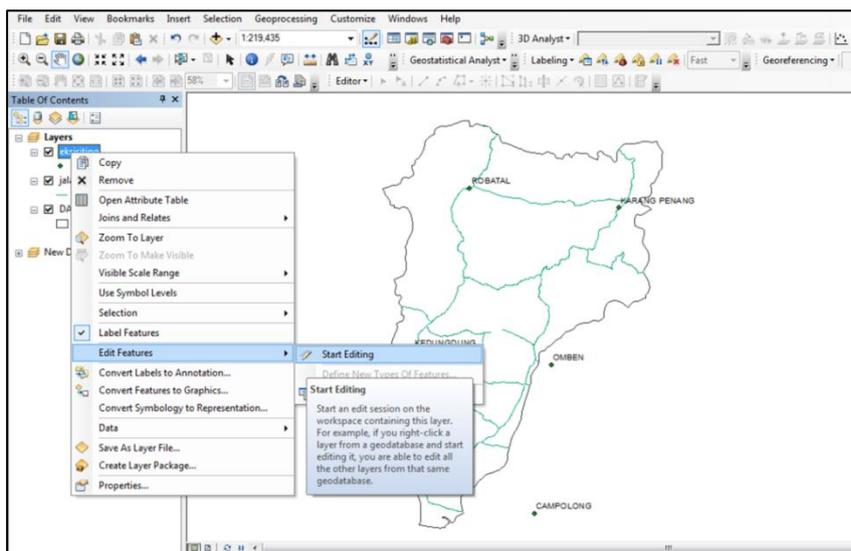
- Klik kanan pada layer yang akan diedit (misalnya layer stasiun hujan)



Gambar 4.25 Memulai edit pada layer yang akan ditambah atau dikurangi

Sumber: Aplikasi ArcMap GIS 10.2

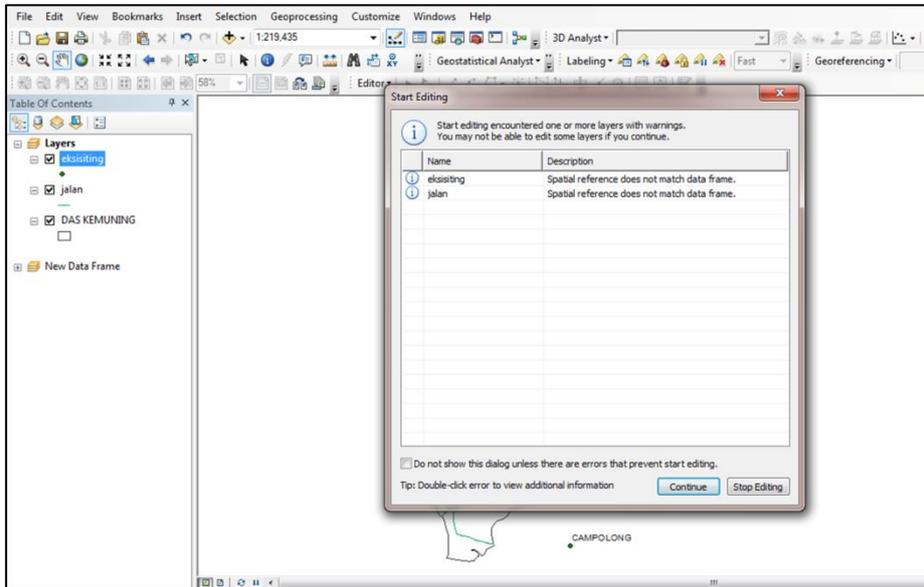
- Klik Edit Features, kemudian klik Start *Editing*.



Gambar 4.26 Tampilan Start *Editing*

Sumber: Aplikasi ArcMap GIS 10.2

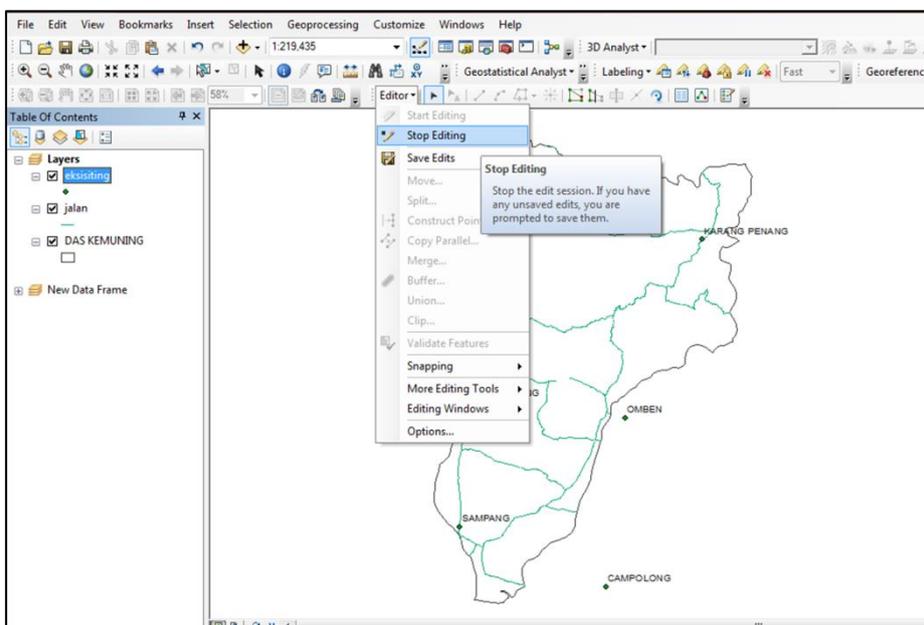
- Kemudian klik nama layer yang akan diedit, setelah itu klik Continue. Penambahan atau pengurangan stasiun hujan rekomendasi disesuaikan dengan hasil analisa bobot dan faktor tata guna lahan, faktor hidraulik serta faktor jaringan transportasi pada Kabupaten Nganjuk dengan meng-Klik pada titik yang akan ditambah atau dikurangi.



Gambar 4.27 Tampilan Start Editing

Sumber: Aplikasi ArcMap GIS 10.2

- Jika sudah selesai meng-edit, klik Stop Editing dan Save Editing.



Gambar 4.28 Tampilan Stop Editing dan Save Editing

Sumber: Aplikasi ArcMap GIS 10.2

10. Untuk nilai curah hujan tahunan pada stasiun hujan rekomendasi didapat dari nilai curah hujan tahunan pada stasiun hujan eksisting, dimana letak stasiun hujan rekomendasi

berada pada luasan daerah pengaruh stasiun hujan eksisting. Untuk memasukkan nilai curah hujan tahunan pada stasiun hujan rekomendasi menggunakan cara yang sama seperti pada stasiun hujan eksisting.

Tabel 4.31

Cross Validation Model Semivariogram pada Stasiun Hujan Rekomendasi I (4 Stasiun Hujan berdasarkan hasil penyaringan data)

No	Nama Stasiun Hujan	Curah Hujan Sebenarnya (mm/tahun)	Curah Hujan Prediksi (mm/tahun)	Galat (mm/tahun)	Kuadrat Galat	Galat Mutlak
1	Kedungdung	1321.3	1360.8	-39.6	1567.4	39.6
2	Omben	1187.6	1147.2	40.4	1630.6	40.4
3	Robatal	1399.7	1268.1	131.7	17336.2	131.7
4	Karang Penang	1087.8	1231.1	-143.3	20531.1	143.3
Jumlah					41065.3	354.9

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.32

Cross Validation Model Semivariogram pada Stasiun Hujan Rekomendasi II (5 Stasiun Hujan dengan luas pengaruh 20%)

No	Nama Stasiun Hujan	Curah Hujan Sebenarnya (mm/tahun)	Curah Hujan Prediksi (mm/tahun)	Galat (mm/tahun)	Kuadrat Galat	Galat Mutlak
1	Kedungdung	1321.3	1299.9	21.3	454.9	21.3
2	Omben	1187.6	1210.0	-22.4	503.5	22.4
3	Robatal	1399.7	1243.5	156.2	24399.0	156.2
4	Sampang	1246.7	1276.0	-29.3	858.8	29.3
5	Karang Penang	1087.8	1228.0	-140.2	19655.7	140.2
Jumlah					45871.9	369.5

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.33

Cross Validation Model Semivariogram pada Stasiun Hujan Rekomendasi III (4 Stasiun Hujan dengan luas pengaruh 25%)

No	Nama Stasiun Hujan	Curah Hujan Sebenarnya (mm/tahun)	Curah Hujan Prediksi (mm/tahun)	Galat (mm/tahun)	Kuadrat Galat	Galat Mutlak
1	Kedungdung	1321.3	1327.7	-6.4	41.0	6.4
2	Omben	1187.6	1163.8	23.8	567.6	23.8
3	Robatal	1399.7	1233.8	165.9	27526.9	165.9
4	Karang Penang	1087.8	1236.9	-149.1	22236.9	149.1
Jumlah					50372.4	345.3

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Berikut merupakan contoh perhitungan menggunakan *Cross Validation* pada Stasiun Hujan Kedungdung Rekomendasi I:

- CH Sebenarnya = 1321,3 mm/tahun

- CH Prediksi = 1360,8 mm/tahun (hasil dari interpolasi Kriging pada stasiun hujan Kedungdung)
- Galat = CH. Sebenarnya – CH. Prediksi
= 1321,3 – 1360,8
= -39,6 mm/tahun
- Kuadrat Galat = Galat²
= (-39,6)²
= 1567,4 mm/tahun
- Galat Mutlak = |-39,6|
= 39,6 mm/tahun

Dengan persamaan (2-44) dan (2-46) dapat dihitung nilai RMSE dan MAE untuk masing-masing model semivariogram sebagai berikut:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n}}$$

$$= \sqrt{\frac{41065,3}{4}}$$

$$= 101,32$$

$$\text{MAE} = \frac{\sum_{i=1}^n |e_i|}{n}$$

$$= \frac{354,9}{4}$$

$$= 88,731$$

11. Pengujian keoptimalan letak stasiun hujan rekomendasi dilakukan dengan membandingkan nilai RMSE dan MAE antara stasiun hujan eksisting dengan stasiun hujan rekomendasi. Perbandingan nilai RMSE dan MAE disajikan pada Tabel 4.34.

Tabel 4.34

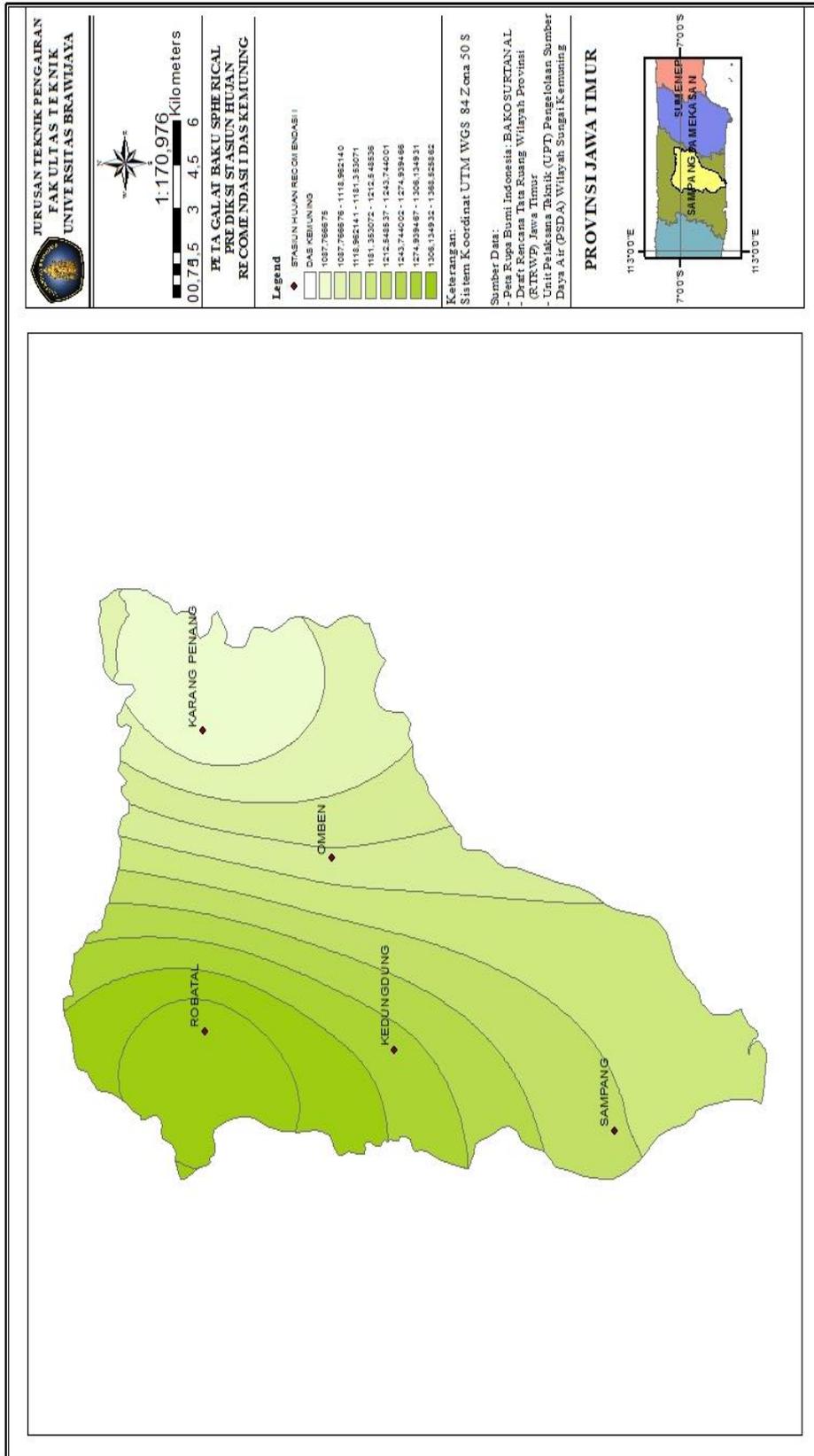
Perbandingan Nilai RMSE dan MAE Stasiun Hujan Eksisting dan Stasiun Hujan Rekomendasi

Model Semivariogram	RMSE				MAE			
	Eksisting	Rekomendasi I	Rekomendasi II	Rekomendasi III	Eksisting	Rekomendasi I	Rekomendasi II	Rekomendasi III
<i>Spherical</i>	142.91	101.32	95.78	112.22	127.3 2	88.73	73.89	86.31
<i>Exponential</i>	141.49	102.85	507.80	116.75	126.5 3	80.94	495.83	88.73
<i>Gaussian</i>	143.51	139.31	509.54	138.98	127.5 9	138.69	496.60	134.18

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

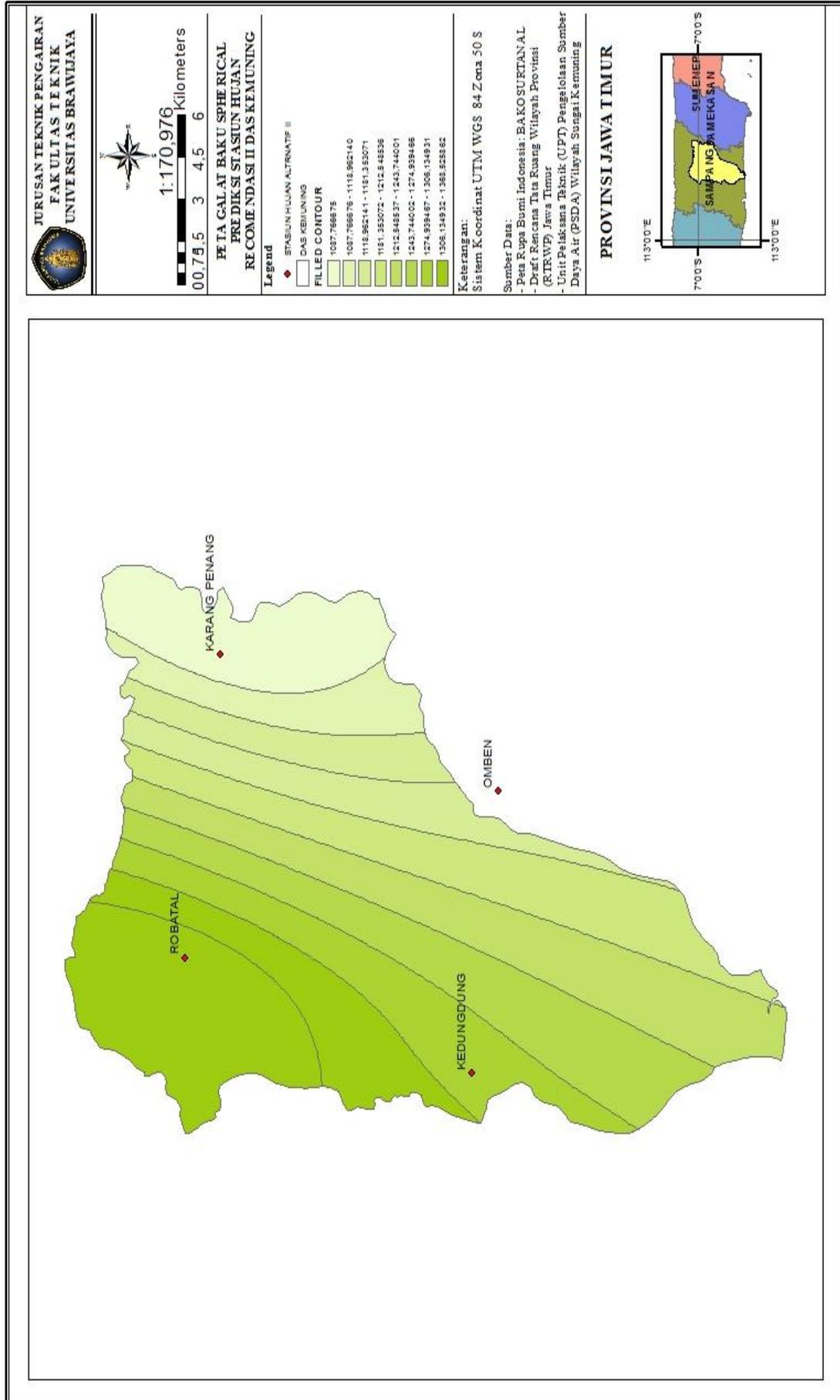
Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat bahwa nilai RMSE dan MAE *Spherical* pos hujan rekomendasi lebih kecil dibandingkan nilai RMSE dan MAE *Spherical* pos hujan

eksisting, sehingga pos rekomendasi hasil interpolasi Kriging dapat diterima dan bisa diterapkan pada DAS Kemuning. Untuk peta galat baku prediksi stasiun hujan rekomendasi disajikan pada Gambar 4.29, 4.30 dan 4.31.

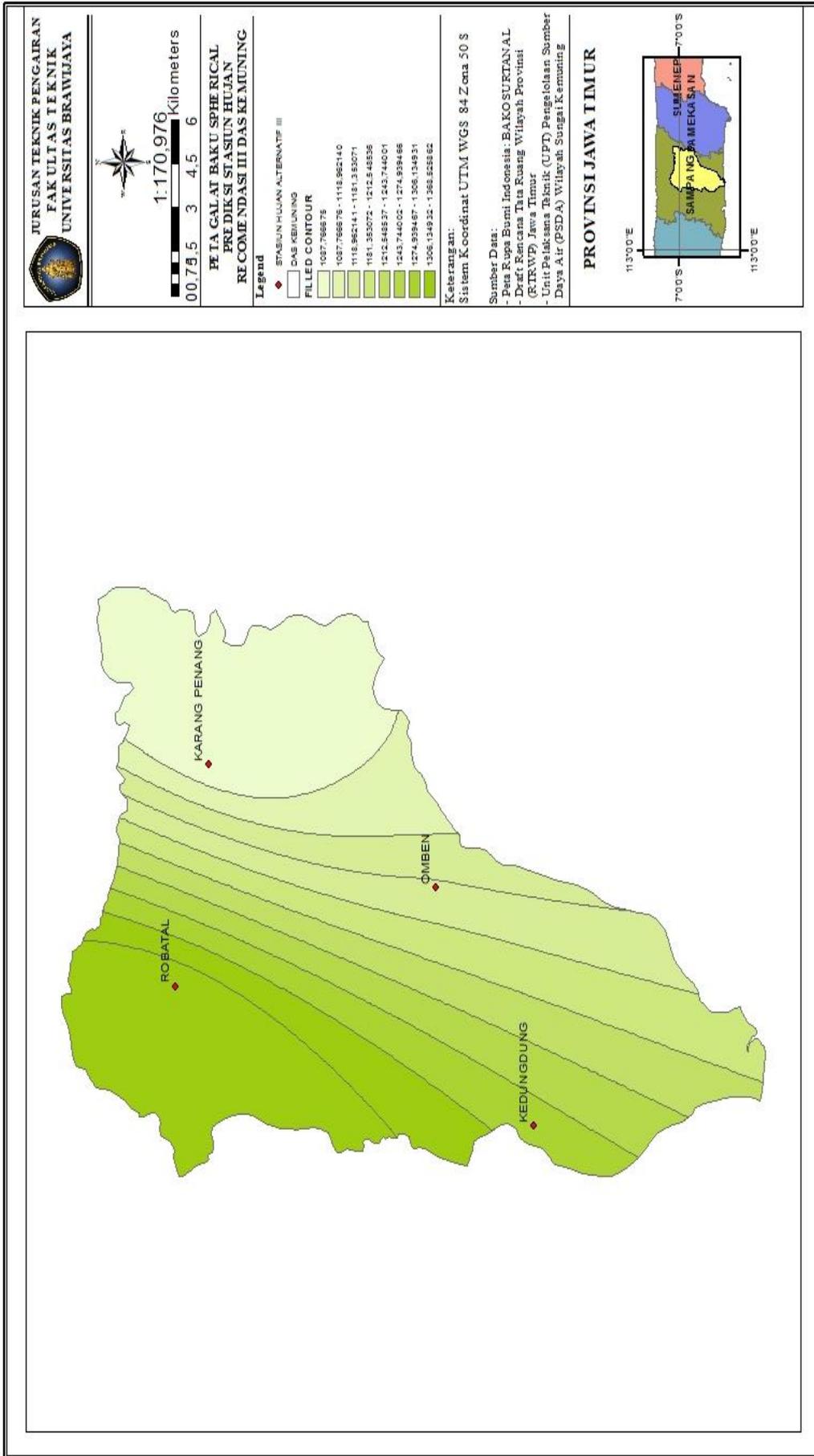


Gambar 4.29 Peta Galat Baku Prediksi Stasiun Hujan Rekomendasi I

Sumber: Hasil Penggambaran, 2018



Gambar 4.30 Peta Galat Baku Prediksi Stasiun Hujan Rekomendasi II
Sumber: Hasil Penggambaran, 2018



Gambar 4.31 Peta Galat Baku Prediksi Stasiun Hujan Rekomendasi III

Sumber: Hasil Penggambaran, 2018

4.7. Evaluasi Stasiun Hujan Metode Kriging

Untuk memperoleh keyakinan bahwa pos-pos yang dipilih dari hasil evaluasi berdasarkan analisa jaringan Kriging cukup mewakili dari jumlah pos hujan yang tersedia, maka dihitung Kesalahan Relatif. Penentuan kesalahan relatif curah hujan dilakukan dengan menggunakan persamaan (2-47) Stasiun Hujan Kedungdung Rekomendasi I:

$$\begin{aligned}
 KR &= \left(\frac{X_a - X_b}{X_a} \right) \times 100 \\
 &= \left(\frac{1321,258 - 1360,849}{1321,258} \right) \times 100 \\
 &= 3 \%
 \end{aligned}$$

Tabel 4.35

Perhitungan Kesalahan Relatif Stasiun Hujan Rekomendasi I

No	Nama Stasiun Hujan	Curah Hujan Sebenarnya (mm/tahun)	Curah Hujan Prediksi (mm/tahun)	KR (%)
1	Kedungdung	1321.258549	1360.8493	3.00%
2	Omben	1187.599781	1147.2191	3.40%
3	Robatal	1399.721327	1268.0543	9.41%
4	Karang Penang	1087.766675	1231.0535	13.17%
Rata- rata KR				7.24%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.36

Perhitungan Kesalahan Relatif Stasiun Hujan Rekomendasi II

No	Nama Stasiun Hujan	Curah Hujan Sebenarnya (mm/tahun)	Curah Hujan Prediksi (mm/tahun)	KR (%)
1	Kedungdung	1321.3	1299.9	1.61%
2	Omben	1187.6	1210.0	1.89%
3	Robatal	1399.7	1243.5	11.16%
4	Sampang	1246.7	1276.0	2.35%
5	Karang Penang	1087.8	1228.0	12.89%
Rata- rata KR				5.98%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.37

Perhitungan Kesalahan Relatif Stasiun Hujan Rekomendasi III

No	Nama Stasiun Hujan	Curah Hujan Sebenarnya (mm/tahun)	Curah Hujan Prediksi (mm/tahun)	KR (%)
1	Kedungdung	1321.3	1327.7	0.48%
2	Omben	1187.6	1163.8	2.01%
3	Robatal	1399.7	1233.8	11.85%
4	Karang Penang	1087.8	1236.9	13.71%
Rata- rata KR				7.01%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Rekomendasi II memiliki kesalahan relatif paling rendah dibandingkan rekomendasi yang lain dengan jumlah stasiun hujan sebanyak 5 stasiun hujan dan besar rata-rata kesalahan relatif 5,98%. Sehingga rekomendasi stasiun hujan yang dipilih atau direkomendasikan dalam studi ini adalah stasiun hujan rekomendasi II.

Tabel 4.38

Rekapitulasi Kesalahan Relatif Stasiun Hujan Rekomendasi Kriging

Stasiun Hujan Rekomendasi	Rata-rata KR
I	7,24%
II	5,98%
III	7,01%

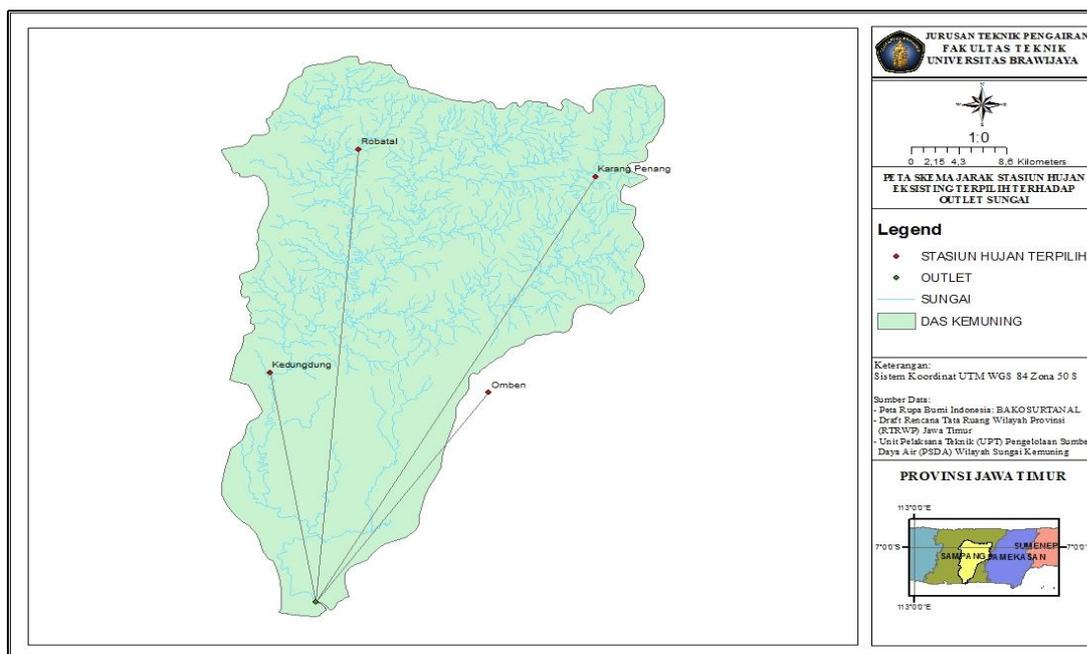
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

4.8. Hubungan Jaringan Stasiun Hujan terhadap Faktor Topografi

Analisa terakhir dalam studi ini adalah mencoba menemukan keterkaitan antara jaringan stasiun hujan terhadap faktor topografi yaitu elevasi, jarak dan *slope*. Keterkaitan yang disebutkan yaitu keterkaitan antara hujan yang turun terhadap parameter topografi dan keterkaitan antara parameter-parameter topografi.

4.8.1. Hubungan Antar Parameter Topografi Stasiun Hujan Eksisting Terpilih Kagan-Rodda

Analisa regresi ini dilakukan untuk mengetahui keterkaitan antar variabel topografi yaitu elevasi dan *slope* sebagai variabel bebas dan jarak (L) stasiun eksisting terhadap *outlet* sungai.



Gambar 4.32 Peta Skema Jarak Stasiun Hujan Eksisting Terpilih dengan Outlet Sungai

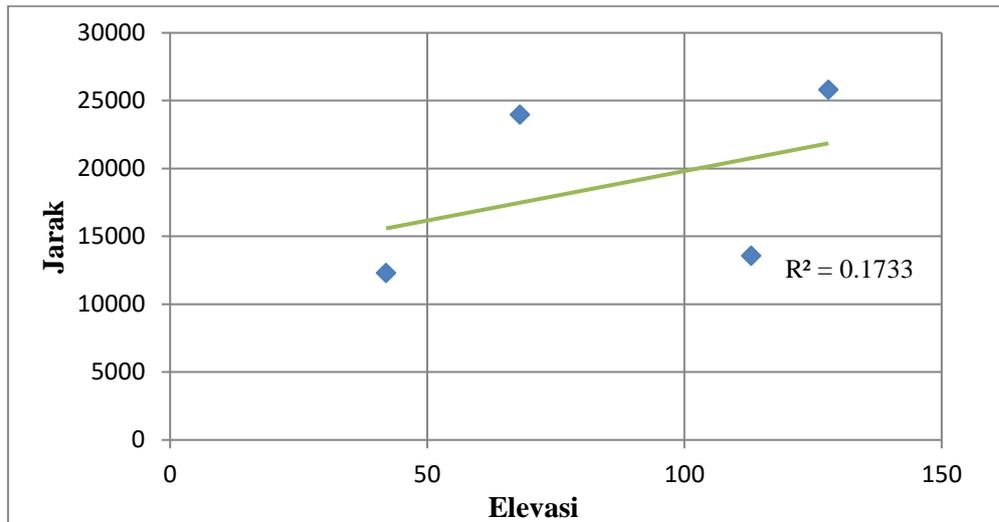
Sumber: Hasil Penggambaran, 2018

Tabel 4.39

Parameter Topografi Stasiun Hujan Eksisting Terpilih Kagan-Rodda

No.	Stasiun Hujan Terpilih Eksisting	Jarak Outlet	Elevasi	Slope
1	Robatal	23978	68	0,00284
2	Karang Penang	25820	128	0,00496
3	Omben	13584	113	0,00832
4	Kedungdung	12307	42	0,00341

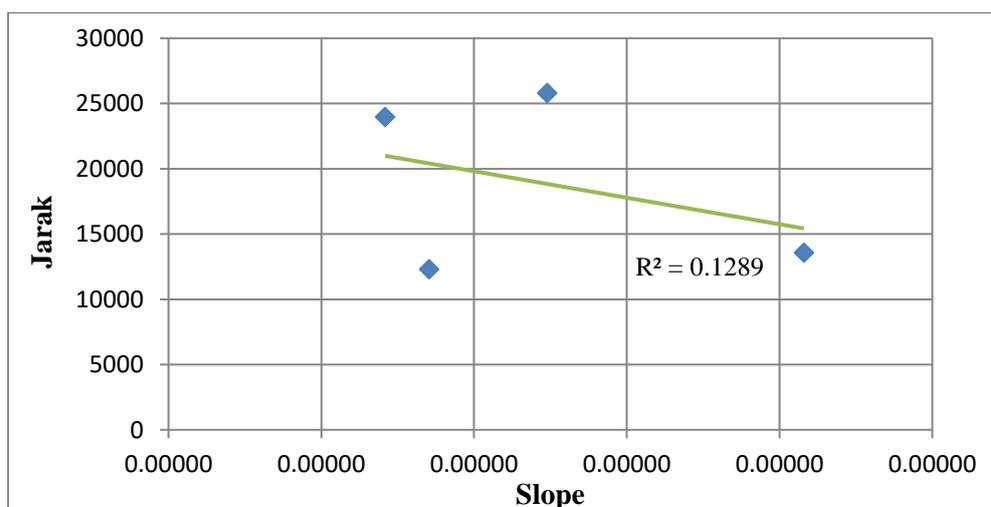
Sumber: Hasil Perhitungan 2018



Gambar 4.33 Grafik Hubungan Jarak dengan Elevasi

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Hubungan antara jarak dengan elevasi dapat dikatakan lemah dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,1733. Semakin tinggi elevasi stasiun hujan maka jarak stasiun hujan terhadap *outlet* juga bertambah besar.



Gambar 4.34 Grafik Hubungan Jarak dengan Slope

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

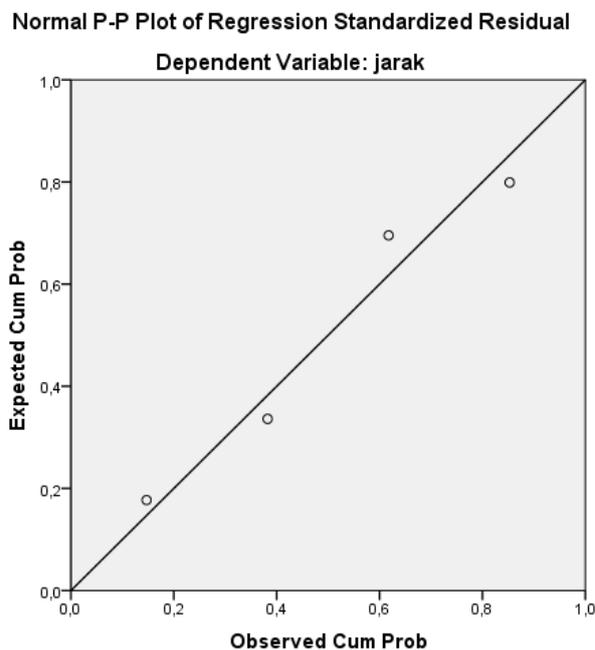
Hubungan antara jarak dengan *slope* dapat dikatakan sangat lemah dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,1289. Semakin besar *slope* stasiun hujan terhadap *outlet*, belum tentu jarak stasiun hujan terhadap *outlet* juga bertambah besar. Hal ini dikarenakan kemiringan setiap stasiun hujan terhadap *outlet* sungai Kemuning tidak seragam. Belum tentu stasiun yang lebih jauh lokasinya dari *outlet* sungai memiliki kemiringan yang lebih curam, karena kemungkinan permukaan tanah dari hulu sampai hilir memiliki kemiringan sangat variatif.

Setelah didapatkan model regresi tiap hubungan antar variabel topografi, maka akan dilakukan perhitungan uji asumsi klasik dengan bantuan aplikasi SPSS 21.0 untuk mengetahui kelayakan model regresi linier hasil analisa.

4.8.1.1. Uji Asumsi Klasik

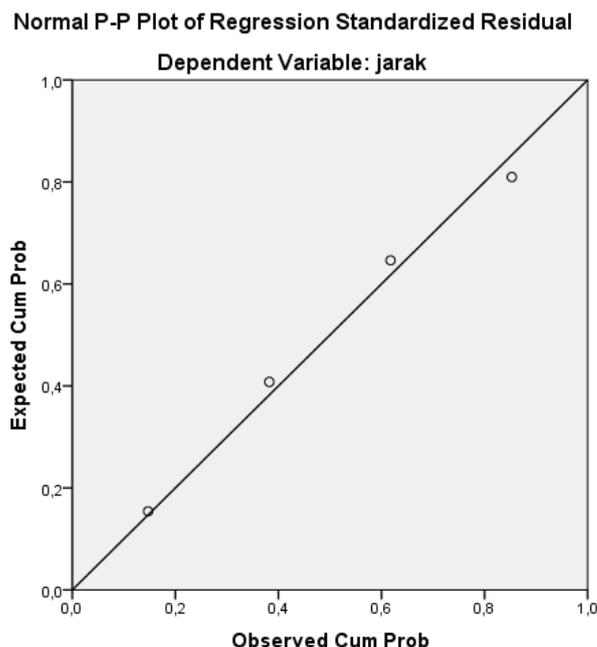
1. Uji Normalitas Residual

Uji Normalitas Residual digunakan untuk menguji nilai residual yang dihasilkan dari regresi terdistribusi secara normal atau tidak. Metode yang digunakan untuk mengetahui normalitas residual pada studi ini adalah metode Grafik. Hasil pengujian *Normal Probability* pada output regresi disajikan pada Gambar 4.35 dan Gambar 4.36.



Gambar 4.35 Normal Probability Plot Model Regresi Elevasi terhadap Jarak

Sumber: Aplikasi SPSS 21.



Gambar 4.36 Normal Probability Plot Model Regresi Slope terhadap Jarak

Sumber: Aplikasi SPSS 21.0

Dari kedua model regresi grafik *Normal Probability Plot* diatas, dapat dikatakan bahwa data menyebar di sekitar garis diagonal dan mengikuti arah garis diagonal, maka dapat disimpulkan data terdistribusi dengan normal dan kedua model regresi telah memenuhi asumsi normalitas.

2. Uji Autokorelasi

Uji Autokorelasi untuk mengetahui terjadi korelasi diantara data pengamatan atau tidak yang disusun menurut runtutan waktu. Pada studi ini metode yang digunakan adalah uji *Durbin-Watson* dan uji *Runtjes*.

➤ Uji *Durbin-Watson*

Apabila nilai statistik *Durbin-Watson* mendekati angka 2 maka dapat dinyatakan bahwa data pengamatan tersebut tidak memiliki autokorelasi, dalam sebaliknya maka dinyatakan terjadi autokorelasi. Nilai *Durbin-Watson* dapat dilihat pada *Model Summary* yang disajikan pada Tabel 4.40.

Tabel 4.40

Model Summary Regresi Elevasi terhadap Jarak

Model	R	R ²	R ² Adjusted	Std. Error of The Estimate	Durbin- Watson
1	0,416 ^a	0,173	-0,24	7752,3528	1,213

Sumber: Aplikasi SPSS 21.0, 2018

Keterangan: a = Elevasi

Dependent Variable = Jarak

Tabel 4.41
Model Summary Regresi *Slope* terhadap Jarak

Model	R	R ²	R ² Adjusted	Std. Error of The Estimate	Durbin-Watson
1	0,358 ^a	0,128	-0,308	7961,0051	1,049

Sumber: Aplikasi SPSS 21.0, 2018

Keterangan: a = *Slope*

Dependent Variable = Jarak

➤ Uji *Run-Test*

Hasil uji autokorelasi *Durbin-Watson* dengan aplikasi SPSS secara teori memenuhi karena nilai mendekati 2, namun karena jumlah stasiun hujan yang sedikit maka tidak dapat dibuktikan atau tidak didapatkan kesimpulan hasil uji autokorelasi berdasarkan tabel *Durbin-Watson* oleh karena itu perlu pengujian lebih lanjut dengan menggunakan metode *run test* agar model regresi lebih meyakinkan. Pada uji *run test* jika nilai *Asymp. Sig (2-tailed)* menunjukkan lebih dari 0,05 maka tidak terdapat autokorelasi.

Hasil *Run-Test* seluruh model regresi dibuktikan dengan nilai *Asymp. Sig (2-tailed)*. Jika nilai *Asymp. Sig (2-tailed)* > 0,05 maka seluruh model regresi tidak mengalami autokorelasi. Berdasarkan analisa *Run-Test*, nilai *Asymp. Sig (2-tailed)* 0,540 > 0,05 maka model regresi tidak mengalami autokorelasi.

Tabel 4.42
Run Test Seluruh Model Regresi

	Unstandardized Residual
Test Value a	-311,126
Cases , Test Value	2
Cases >= Test Value	2
Total Cases	4
Number of Runs	4
Z	0,612
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,540

Sumber: Hasil Aplikasi SPSS 21.0

Tabel 4.43
 Rekapitulasi Hasil Uji Autokorelasi Seluruh Model Regresi Linier

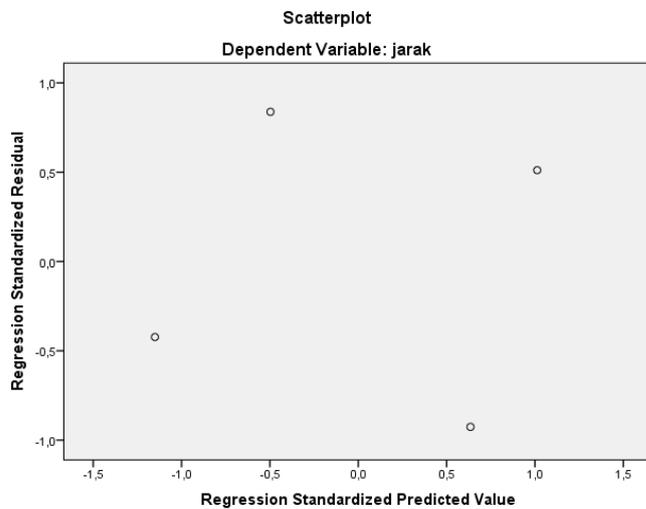
Variabel Independent	Nilai <i>Durbin-Watson</i>	Kesimpulan	Nilai <i>Run-Test</i>	Kesimpulan
Elevasi	1,213	H ₀ diterima, Tidak Terjadi Autokorelasi	0,540	H ₀ diterima, Tidak Terjadi Autokorelasi
<i>Slope</i>	1,049	H ₀ diterima, Tidak Terjadi Autokorelasi		

Sumber: Hasil Aplikasi SPSS 21.0

3. Uji Heteroskedastisitas

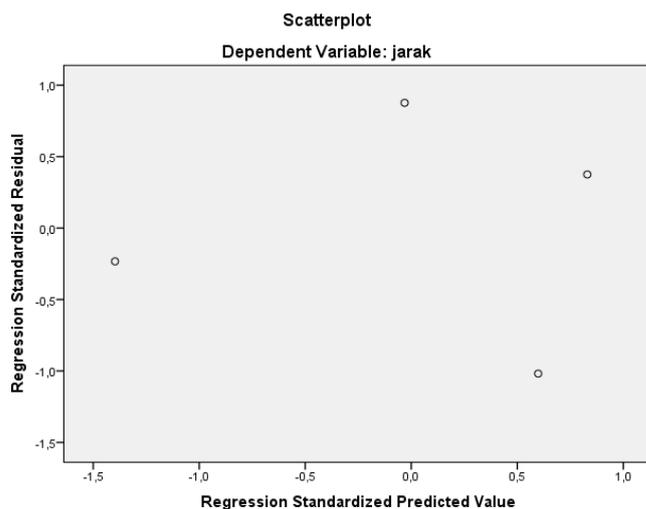
Uji Heteroskedastisitas digunakan untuk mengecek variasi residual sama atau tidak untuk sebuah pengamatan. Metode yang digunakan adalah metode grafik. Jika pola

tertentu seperti titik-titik tidak membentuk suatu pola yang jelas atau acak maka terjadi Heteroskedastisitas.



Gambar 4.37 Scatterplot Uji Heteroskedastisitas Model Regresi Elevasi terhadap Jarak

Sumber: Aplikasi SPSS 21.0



Gambar 4.38 Scatterplot Uji Heteroskedastisitas Model Regresi Slope terhadap Jarak

Sumber: Aplikasi SPSS 21.0

Berdasarkan hasil scatterplot dari Gambar 4.37 dan Gambar 4.38, grafik tidak membentuk pola yang jelas. Maka dapat disimpulkan bahwa model regresi linier memiliki Heteroskedastisitas.

Tabel 4.44

Rekapitulasi Uji Asumsi Klasik Seluruh Model Regresi Linier

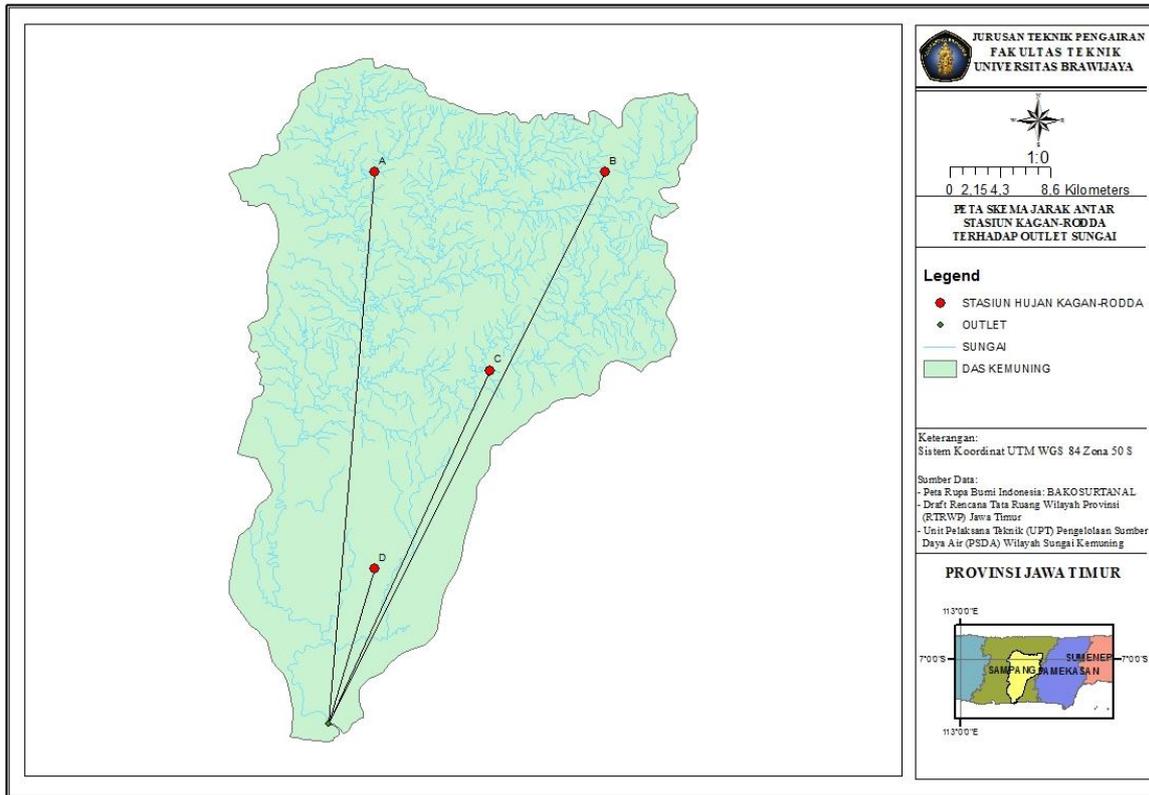
Variabel Independent	R ²	Normalitas	Autokorelasi	Heteroskedastisitas
Elevasi	0,173	√	√	√
Slope	0,128	√	√	√

Sumber: Hasil SPSS 21.0, 2018

Dapat disimpulkan bahwa seluruh model regresi linier memenuhi uji asumsi klasik dan lolos semua uji asumsi yang dilakukan.

4.8.2. Hubungan Aspek Topografi terhadap Curah Hujan Stasiun Hujan Kagan-Rodda

Curah hujan rerata digunakan untuk model regresi linier (sebagai variabel terikat) terhadap jarak, elevasi stasiun hujan, dan *slope* antara stasiun hujan Kagan-Rodda terhadap *outlet* sungai Kemuning (sebagai variabel tak terikat).



Gambar 4.39 Peta Skema Jarak Stasiun Hujan Kagan-Rodda dengan Outlet Sungai

Sumber: Hasil Penggambaran, 2018

Tabel 4.45
Rerata Hujan Tahunan Stasiun Hujan Eksisting Terpilih Kagan-Rodda

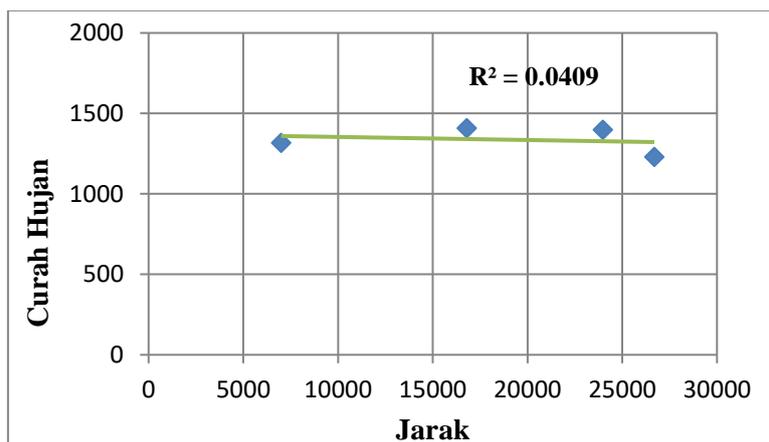
Tahun	Stasiun			
	Robatal	Karang Penang	Omben	Kedungdung
2006	1309.99	1066.44	2173.08	1716.38
2007	1895.35	1568.51	1947.11	1414.29
2008	1634.70	1382.12	1105.48	1290.93
2009	1134.43	1128.51	1132.55	1009.23
2010	1604.01	1570.21	1066.24	1728.03
2012	1135.36	1031.24	838.92	679.95
2013	1892.27	1597.44	1063.54	1550.28
2014	1441.28	1102.12	1247.56	1570.68
2015	1130.71	866.38	1959.29	1247.22
2016	789.45	976.17	1535.77	959.70
Rata-Rata	1396.76	1228.91	1406.95	1316.67

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.46
Curah Hujan terhadap Parameter Topografi Stasiun Hujan Kagan-Rodda

No.	Stasiun Hujan Kagan-Rodda	Curah Hujan (mm/tahun)	Jarak Outlet (m)	Elevasi (m)	Slope
1	A	1396,76	23978	68	0.0028359
2	B	1228,91	26692	129	0.0048329
3	C	1406,95	16801	56	0.0033331
4	D	1316,67	6994.5	15	0.0021445

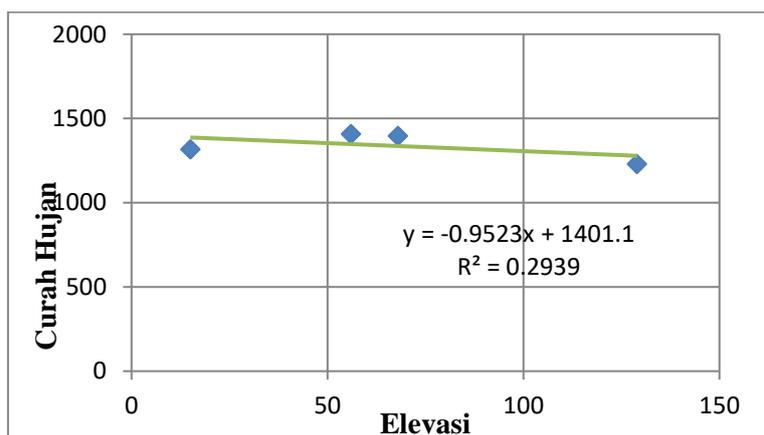
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



Gambar 4.40 Grafik Hubungan Jarak terhadap Curah Hujan

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

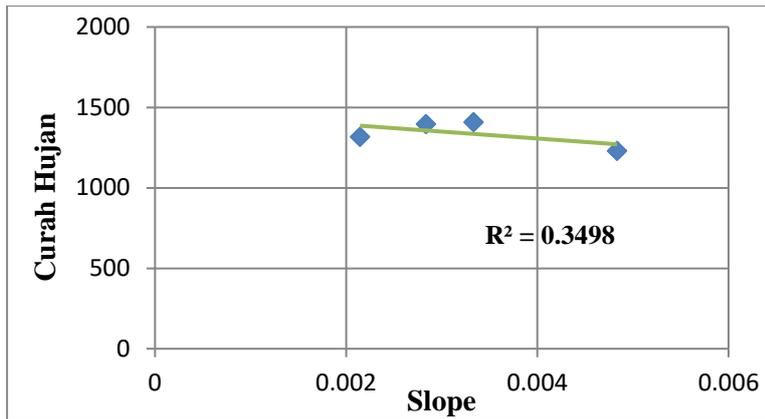
Hubungan antara jarak dengan curah hujan dapat dikatakan sangat lemah dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,0409. Semakin jauh stasiun hujan dari outlet sungai, maka hujan yang turun bertambah besar pada titik tersebut.



Gambar 4.41 Grafik Hubungan Elevasi terhadap Curah Hujan

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Hubungan antara elevasi dengan curah hujan dapat dikatakan cukup lemah dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,2939. Semakin tinggi elevasi stasiun hujan, maka hujan yang turun cukup bertambah besar pada titik tersebut.



Gambar 4.42 Grafik Hubungan *Slope* terhadap Curah Hujan

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Hubungan antara *slope* dengan curah hujan dapat dikatakan cukup lemah dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,3498. Semakin besar *slope* stasiun hujan terhadap *outlet* sungai, maka hujan yang turun belum tentu bertambah besar pada titik tersebut.

Berdasarkan grafik hubungan 3 parameter topografi terhadap curah hujan di DAS Kemuning, parameter topografi yang memiliki hubungan yang paling kuat adalah *slope* terhadap curah hujan dengan $R^2 = 0,3498$. Semakin besar *slope* stasiun hujan terhadap *outlet* sungai, belum tentu dapat mempengaruhi hujan yang turun pada titik tersebut. Kemudian elevasi memiliki hubungan yang lemah terhadap curah hujan ($R^2 = 0,2939$). Semakin tinggi elevasi tidak selalu diikuti dengan penambahan curah hujan. Sedangkan jarak memiliki hubungan yang paling lemah dibandingkan lainnya ($R^2 = 0,0409$), karena jarak semakin jauh dari *outlet* sungai maka semakin tinggi curah hujan. Tetapi belum tentu hujan tersebut merata, tergantung dengan ketinggian daerah pada titik tersebut.

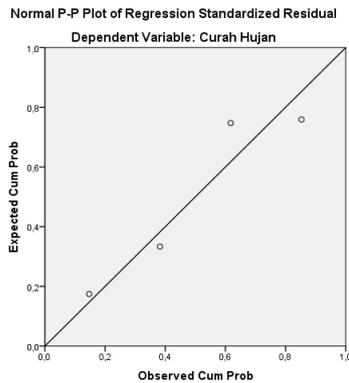
Sehingga dapat disimpulkan dalam perencanaan jaringan stasiun hujan yang baru di DAS Kemuning, faktor topografi (*slope*) merupakan parameter yang cukup untuk dipertimbangkan, meskipun pengaruh kemiringan terhadap hujan yang turun lemah ($R^2 = 0,3498$). Setelah didapatkan model regresi tiap parameter topografi terhadap curah hujan, maka akan dilakukan uji asumsi klasik guna mengetahui kelayakan model regresi linier. Analisa dilakukan dengan bantuan aplikasi SPSS 21.0.

4.8.2.1. Uji Asumsi Klasik

1. Uji Normalitas Residual

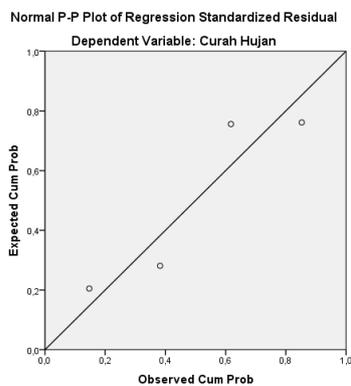
Uji Normalitas Residual digunakan untuk menguji nilai residual yang dihasilkan dari regresi terdistribusi secara normal atau tidak. Metode yang digunakan untuk mengetahui normalitas residual pada studi ini adalah metode Grafik. Hasil pengujian *Normal*

Probability pada output regresi disajikan pada Gambar 4.43, Gambar 4.44 dan Gambar 4.45.



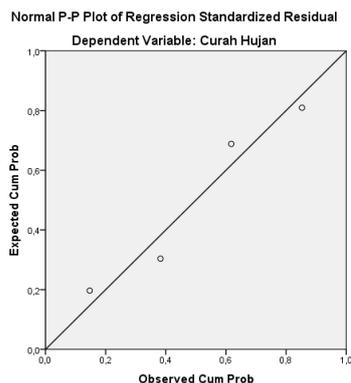
Gambar 4.43 Normal Probability Plot Model Regresi Jarak terhadap Curah Hujan

Sumber: Aplikasi SPSS 21.0



Gambar 4.44 Normal Probability Plot Model Regresi Elevasi terhadap Curah Hujan

Sumber: Aplikasi SPSS 21.0



Gambar 4.45 Normal Probability Plot Model Regresi Slope terhadap Curah Hujan

Sumber: Aplikasi SPSS 21.0

Dari ketiga model regresi grafik *Normal Probability Plot* diatas, dapat dikatakan bahwa data menyebar di sekitar garis diagonal dan mengikuti arah garis diagonal, maka dapat disimpulkan data terdistribusi dengan normal dan kedua model regresi telah memenuhi asumsi normalitas.

2. Uji Autokorelasi

Uji Autokorelasi untuk mengetahui terjadi korelasi diantara data pengamatan atau tidak yang disusun menurut runtutan waktu. Pada studi ini metode yang digunakan adalah uji *Durbin-Watson* dan uji *Runtas*.

➤ Uji *Durbin-Watson*

Apabila nilai statistik *Durbin-Watson* mendekati angka 2 maka dapat dinyatakan bahwa data pengamatan tersebut tidak memiliki autokorelasi, dalam sebaliknya maka dinyatakan terjadi autokorelasi. Nilai *Durbin-Watson* dapat dilihat pada *Model Summary* yang disajikan pada Tabel 4.47.

Tabel 4.47

Model Summary Regresi Jarak terhadap Curah Hujan

Model	R	R ²	R ² Adjusted	Std. Error of The Estimate	Durbin-Watson
1	0,204a	0.041	-0.438	99.27292	3.229

Sumber: Aplikasi SPSS 21.0, 2018

Keterangan: a = Jarak

Dependent Variable = Curah Hujan

Tabel 4.48

Model Summary Regresi Elevasi terhadap Curah Hujan

Model	R	R ²	R ² Adjusted	Std. Error of The Estimate	Durbin-Watson
1	0,544a	0.295	-0.057	85.10918	2.793

Sumber: Aplikasi SPSS 21.0, 2018

Keterangan: a = Elevasi

Dependent Variable = Curah Hujan

Tabel 4.49

Model Summary Regresi *Slope* terhadap Curah Hujan

Model	R	R ²	R ² Adjusted	Std. Error of The Estimate	Durbin-Watson
1	0,593a	0.352	0.027	81.64612	2.965

Sumber: Aplikasi SPSS 21.0, 2018

Keterangan: a = *Slope*

Dependent Variable = Curah Hujan

➤ Uji *Run-Test*

Hasil uji autokorelasi *Durbin-Watson* dengan aplikasi SPSS secara teori memenuhi karena nilai mendekati 2, namun karena jumlah stasiun hujan yang sedikit maka tidak dapat dibuktikan atau tidak didapatkan kesimpulan hasil uji autokorelasi berdasarkan tabel *Durbin-Watson* oleh karena itu perlu pengujian lebih lanjut dengan menggunakan metode

run test agar model regresi lebih meyakinkan. Pada uji *run test* jika nilai *Asymp. Sig (2-tailed)* menunjukkan lebih dari 0,05 maka tidak terdapat autokorelasi.

Hasil *Run-Test* seluruh model regresi dibuktikan dengan nilai *Asymp. Sig (2-tailed)*. Jika nilai *Asymp. Sig (2-tailed)* $> 0,05$ maka seluruh model regresi tidak mengalami autokorelasi. Berdasarkan analisa *Run-Test*, nilai *Asymp. Sig (2-tailed)* $0,540 > 0,05$ maka model regresi tidak mengalami autokorelasi.

Tabel 4.50
Run Test Seluruh Model Regresi

Unstandardized Residual	
Test Value ^a	0,00000
Cases < Test Value	2
Cases \geq Test Value	2
Total Cases	4
Number of Runs	4
Z	0,612
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,540

Sumber: Hasil Aplikasi SPSS 21.0

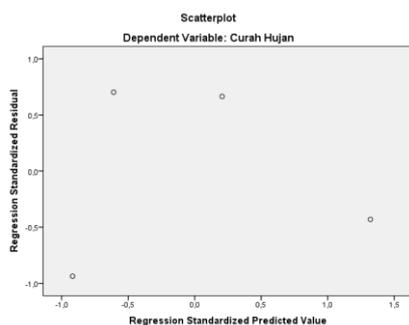
Tabel 4.51
Rekapitulasi Hasil Uji Autokorelasi Model Regresi Linier

Variabel Independent	Nilai <i>Durbin-Watson</i>	Kesimpulan	Nilai <i>Run-Test</i>	Kesimpulan
Jarak	3,229	H ₀ diterima, Tidak Terjadi Autokorelasi		
Elevasi	2,793	H ₀ diterima, Tidak Terjadi Autokorelasi	0,540	H ₀ diterima, Tidak Terjadi Autokorelasi
<i>Slope</i>	2,965	H ₀ diterima, Tidak Terjadi Autokorelasi		

Sumber: Hasil SPSS 21.0, 2018

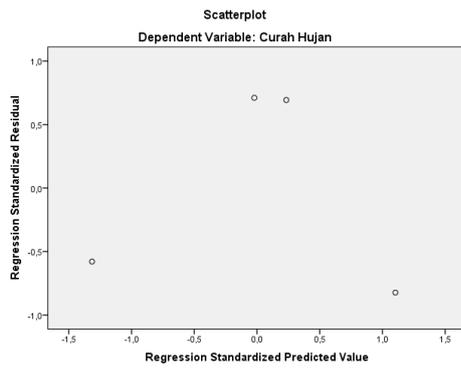
3. Uji Heteroskedastisitas

Uji Heteroskedastisitas digunakan untuk mengecek variasi residual sama atau tidak untuk sebuah pengamatan. Metode yang digunakan adalah metode grafik. Jika pola tertentu seperti titik-titik tidak membentuk suatu pola yang jelas atau acak maka terjadi Heteroskedastisitas.



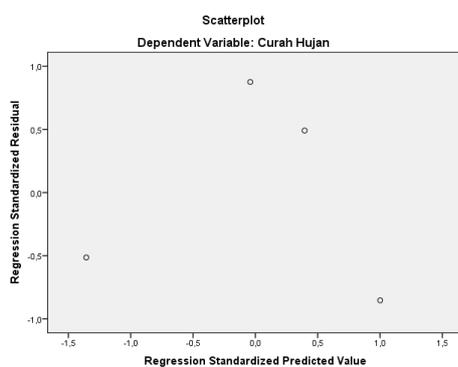
Gambar 4.46 Scatterplot Uji Heteroskedastisitas Model Regresi Jarak terhadap Curah Hujan

Sumber: Aplikasi SPSS 21.0



Gambar 4.47 Scatterplot Uji Heteroskedastisitas Model Regresi Elevasi terhadap Curah Hujan

Sumber: Aplikasi SPSS 21.0



Gambar 4.48 Scatterplot Uji Heteroskedastisitas Model Regresi Slope terhadap Curah Hujan

Sumber: Aplikasi SPSS 21.0

Berdasarkan hasil *scatterplot* dari Gambar 4.46, Gambar 4.47 dan Gambar 4.48, grafik tidak membentuk pola yang jelas. Maka dapat disimpulkan bahwa model regresi linier memiliki Heteroskedastisitas.

Tabel 4.52

Rekapitulasi Uji Asumsi Klasik Seluruh Model Regresi Linier

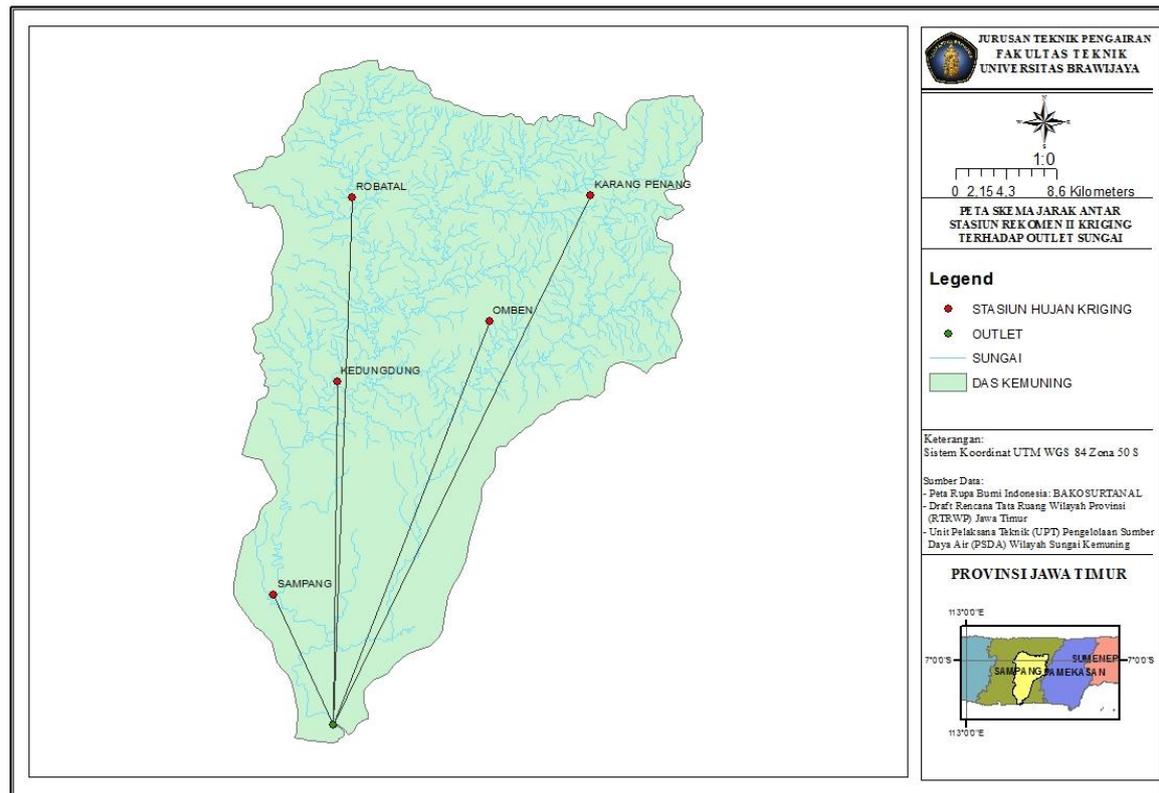
Variabel Independent	R ²	Normalitas	Autokorelasi	Heteroskedastisitas
Jarak	0,0409	√	√	√
Elevasi	0,2939	√	√	√
Slope	0,3498	√	√	√

Sumber: Hasil SPSS 21.0, 2018

Dapat disimpulkan bahwa seluruh model regresi linier memenuhi uji asumsi klasik dan lolos semua uji asumsi yang dilakukan.

4.8.3. Hubungan Antar Parameter Topografi Stasiun Hujan Kriging Rekomendasi II

Analisa regresi ini dilakukan untuk mengetahui keterkaitan antar variabel topografi yaitu elevasi dan *slope* sebagai variabel bebas dan jarak (L) stasiun eksisting terhadap *outlet* sungai.



Gambar 4.49 Peta Skema Jarak Stasiun Hujan Kriging Rekomendasi II dengan Outlet Sungai

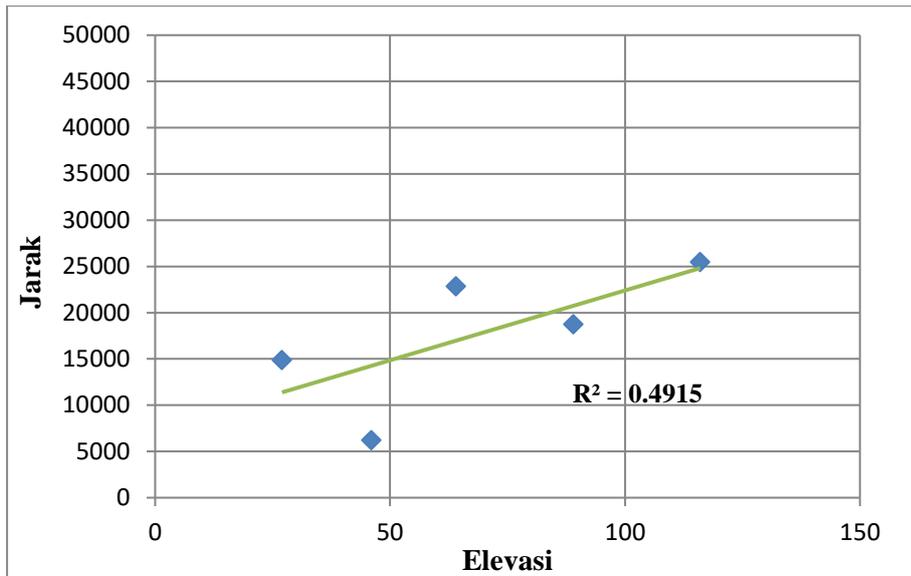
Sumber: Hasil Penggambaran, 2018

Tabel 4.53

Parameter Topografi Stasiun Hujan Eksisting Terpilih Kriging

No.	Stasiun Hujan Rekomendasi I	Jarak Outlet	Elevasi	Slope
1	Kedungdung	14872	27	0.00182
2	Omben	18756	89	0.00475
3	Robatal	22866	64	0.00280
4	Sampang	6203.8	46	0.00741
5	Karang Penang	25467	116	0.00455

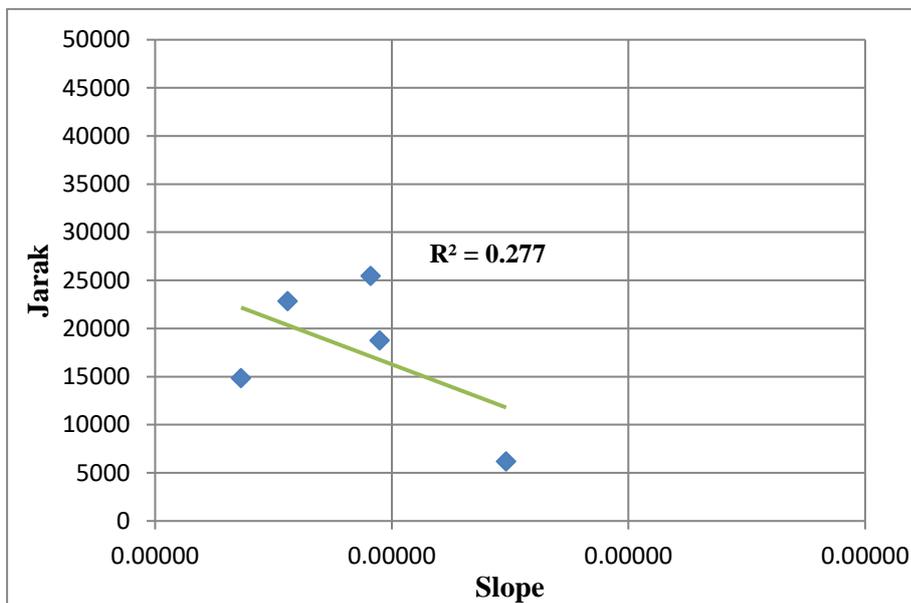
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



Gambar 4.50 Grafik Hubungan Jarak dengan Elevasi

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Hubungan antara jarak dengan elevasi dapat dikatakan cukup lemah dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,4915. Semakin tinggi elevasi stasiun hujan maka jarak stasiun hujan terhadap *outlet* juga cukup bertambah besar.



Gambar 4.51 Grafik Hubungan Jarak dengan Slope

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Hubungan antara jarak dengan *slope* dapat dikatakan sangat lemah dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,277. Semakin besar *slope* stasiun hujan terhadap *outlet*, belum tentu jarak stasiun hujan terhadap *outlet* juga bertambah besar. Hal ini dikarenakan kemiringan setiap stasiun hujan terhadap *outlet* sungai Kemuning tidak seragam. Belum tentu stasiun yang lebih jauh lokasinya dari *outlet* sungai memiliki kemiringan yang lebih

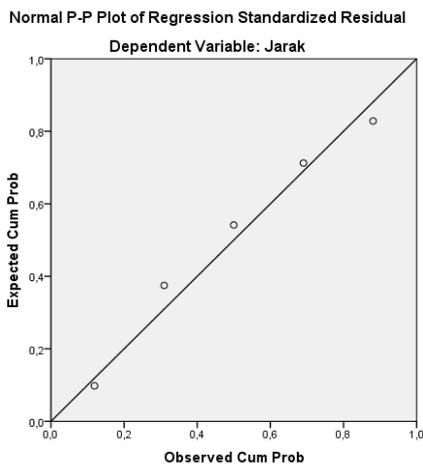
curam, karena kemungkinan permukaan tanah dari hulu sampai hilir memiliki kemiringan sangat variatif.

Setelah didapatkan model regresi tiap hubungan antar variabel topografi, maka akan dilakukan perhitungan uji asumsi klasik dengan bantuan aplikasi SPSS 21.0 untuk mengetahui kelayakan model regresi linier hasil analisa.

4.8.3.1. Uji Asumsi Klasik

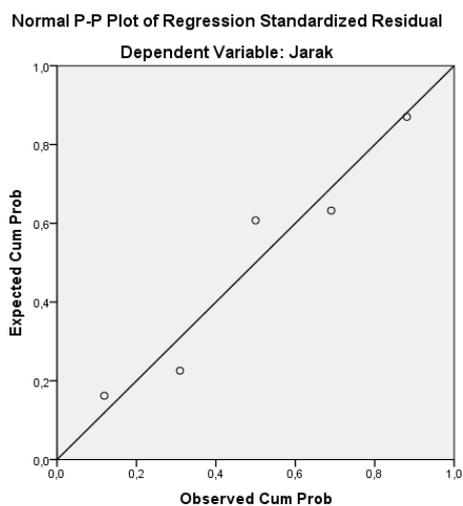
1. Uji Normalitas Residual

Uji Normalitas Residual digunakan untuk menguji nilai residual yang dihasilkan dari regresi terdistribusi secara normal atau tidak. Metode yang digunakan untuk mengetahui normalitas residual pada studi ini adalah metode Grafik. Hasil pengujian *Normal Probability* pada output regresi disajikan pada Gambar 4.52 dan Gambar 4.53.



Gambar 4.52 Normal Probability Plot Model Regresi Elevasi terhadap Jarak

Sumber: Aplikasi SPSS 21.0



Gambar 4.53 Normal Probability Plot Model Regresi Slope terhadap Jarak

Sumber: Aplikasi SPSS 21.0

Dari kedua model regresi grafik *Normal Probability Plot* diatas, dapat dikatakan bahwa data menyebar di sekitar garis diagonal dan mengikuti arah garis diagonal, maka dapat disimpulkan data terdistribusi dengan normal dan kedua model regresi telah memenuhi asumsi normalitas.

2. Uji Autokorelasi

Uji Autokorelasi untuk mengetahui terjadi korelasi diantara data pengamatan atau tidak yang disusun menurut runtutan waktu. Pada studi ini metode yang digunakan adalah uji *Durbin-Watson* dan uji *Runtas*.

➤ Uji *Durbin-Watson*

Apabila nilai statistik *Durbin-Watson* mendekati angka 2 maka dapat dinyatakan bahwa data pengamatan tersebut tidak memiliki autokorelasi, dalam sebaliknya maka dinyatakan terjadi autokorelasi. Nilai *Durbin-Watson* dapat dilihat pada *Model Summary* yang disajikan pada Tabel 4.54.

Tabel 4.54

Model Summary Regresi Elevasi terhadap Jarak

Model	R	R ²	R ² Adjusted	Std. Error of The Estimate	Durbin-Watson
1	0,701a	0.491	0.322	6220.43854	3.121

Sumber: Aplikasi SPSS 21.0, 2018

Keterangan: a = Elevasi

Dependent Variable = Jarak

Tabel 4.55

Model Summary Regresi *Slope* terhadap Jarak

Model	R	R ²	R ² Adjusted	Std. Error of The Estimate	Durbin-Watson
1	0,527a	0.278	0.037	7413.89806	2.106

Sumber: Aplikasi SPSS 21.0, 2018

Keterangan: a = *Slope*

Dependent Variable = Jarak

➤ Uji *Run-Test*

Hasil uji autokorelasi *Durbin-Watson* dengan aplikasi SPSS secara teori memenuhi karena nilai mendekati 2, namun karena jumlah stasiun hujan yang sedikit maka tidak dapat dibuktikan atau tidak didapatkan kesimpulan hasil uji autokorelasi berdasarkan tabel *Durbin-Watson* oleh karena itu perlu pengujian lebih lanjut dengan menggunakan metode *run test* agar model regresi lebih meyakinkan. Pada uji *run test* jika nilai *Asymp. Sig (2-tailed)* menunjukkan lebih dari 0,05 maka tidak terdapat autokorelasi.

Hasil *Run-Test* seluruh model regresi dibuktikan dengan nilai *Asymp. Sig (2-tailed)*. Jika nilai *Asymp. Sig (2-tailed)* > 0,05 maka seluruh model regresi tidak mengalami

autokorelasi. Berdasarkan analisa *Run-Test*, nilai *Asymp. Sig (2-tailed)* $0,326 > 0,05$ maka model regresi tidak mengalami autokorelasi.

Tabel 4.56

Run Test Seluruh Model Regresi

	Unstandardized Residual
Test Value ^a	-96.33520
Cases < Test Value	2
Cases >= Test Value	3
Total Cases	5
Number of Runs	2
Z	-0.982
Asymp. Sig. (2-tailed)	0.326

Sumber: Hasil Aplikasi SPSS 21.0

Tabel 4.57

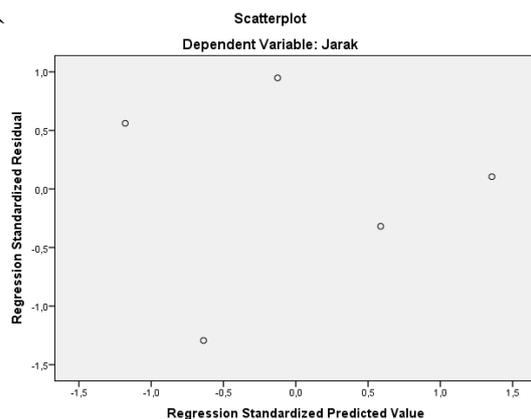
Rekapitulasi Hasil Uji Autokorelasi Model Regresi Linier

Variabel Independent	Nilai Durbin-Watson	Kesimpulan	Nilai Run-Test	Kesimpulan
Elevasi	3,121	H ₀ diterima, Tidak Terjadi Autokorelasi	0,326	H ₀ diterima, Tidak Terjadi Autokorelasi
Slope	2,106	H ₀ diterima, Tidak Terjadi Autokorelasi		

Sumber: Hasil SPSS 21.0, 2018

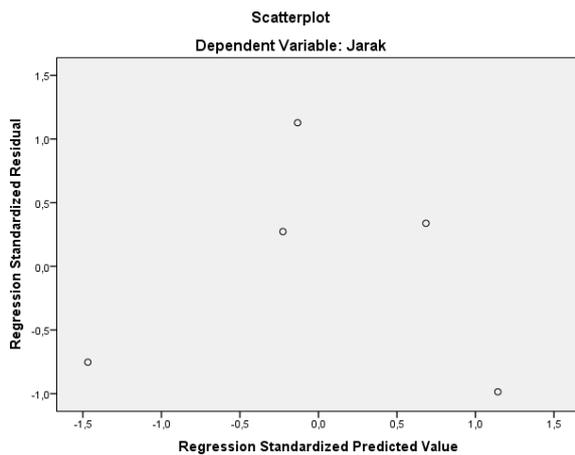
3. Uji Heteroskedastisitas

Uji Heteroskedastisitas digunakan untuk mengecek variasi residual sama atau tidak untuk sebuah pengamatan. Metode yang digunakan adalah metode grafik. Jika pola tertentu seperti titik-titik tidak membentuk suatu pola yang jelas atau acak maka terjadi Heteroskedastisitas.



Gambar 4.54 Scatterplot Uji Heteroskedastisitas Model Regresi Elevasi terhadap Jarak

Sumber: Aplikasi SPSS 21.0



Gambar 4.55 Scatterplot Uji Heteroskedastisitas Model Regresi Slope terhadap Jarak

Sumber: Aplikasi SPSS 21.0

Berdasarkan hasil scatterplot dari Gambar 4.54 dan Gambar 4.55, grafik tidak membentuk pola yang jelas. Maka dapat disimpulkan bahwa model regresi linier memiliki Heteroskedastisitas.

Tabel 4.58

Rekapitulasi Uji Asumsi Klasik Seluruh Model Regresi Linier

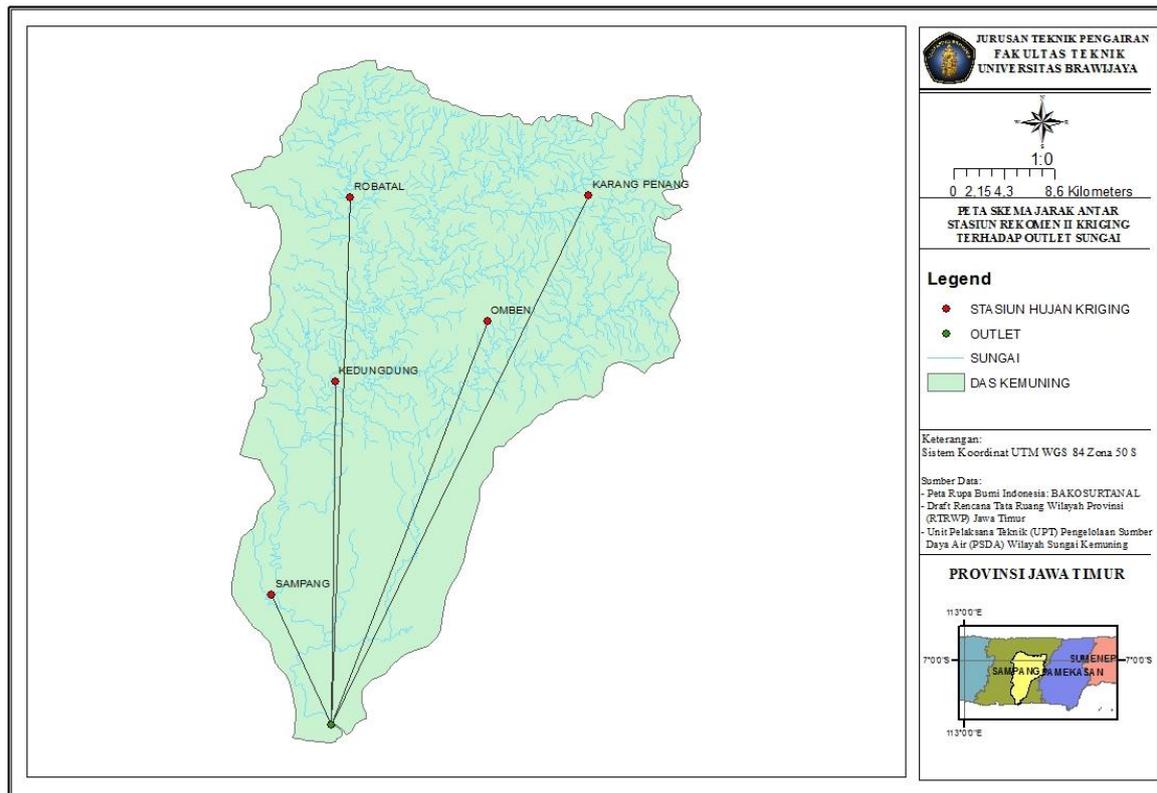
Variabel Independent	R ²	Normalitas	Autokorelasi	Heteroskedastisitas
Elevasi	0,4915	√	√	√
Slope	0,277	√	√	√

Sumber: Hasil SPSS 21.0, 2018

Dapat disimpulkan bahwa seluruh model regresi linier memenuhi uji asumsi klasik dan lolos semua uji asumsi yang dilakukan.

4.8.4. Hubungan Aspek Topografi terhadap Curah Hujan Stasiun Hujan Kriging Rekomendasi II

Curah hujan rerata digunakan untuk model regresi linier (sebagai variabel terikat) terhadap jarak, elevasi stasiun hujan, dan Slope antara stasiun hujan Kagan-Rodda terhadap outlet sungai Kemuning (sebagai variabel tak terikat).



Gambar 4.56 Peta Skema Jarak Stasiun Hujan Kriging dengan Outlet Sungai

Sumber: Hasil Penggambaran, 2018

Tabel 4.59

Rerata Hujan Tahunan Stasiun Hujan Eksisting Terpilih Kriging

Tahun	Stasiun				
	Robatal	Karang Penang	Omben	Kedungdung	Sampang
2006	1309.99	1066.44	2173.08	1716.38	879.42
2007	1895.35	1568.51	1947.11	1414.29	1235.85
2008	1634.70	1382.12	1105.48	1290.93	1125.26
2009	1134.43	1128.51	1132.55	1009.23	684.21
2010	1604.01	1570.21	1066.24	1728.03	1548.31
2012	1135.36	1031.24	838.92	679.95	1172.56
2013	1892.27	1597.44	1063.54	1550.28	1920.73
2014	1441.28	1102.12	1247.56	1570.68	1051.31
2015	1130.71	866.38	1959.29	1247.22	1072.63
2016	789.45	976.17	1535.77	959.70	901.40
Rata-Rata	1396.76	1228.91	1406.95	1316.67	1159.17

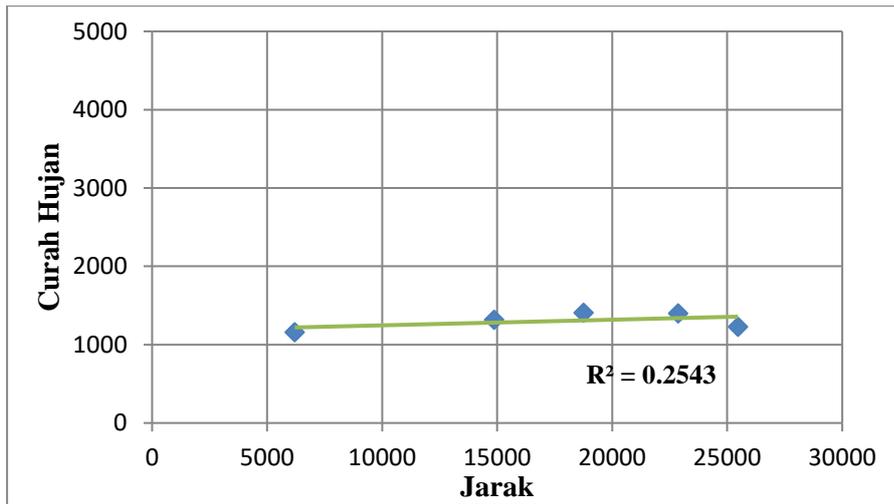
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.60

Curah Hujan terhadap Parameter Topografi Stasiun Hujan Kriging

No.	Stasiun Hujan Rekomendasi II	Jarak Outlet	Elevasi	Slope	CH
1	Kedungdung	14872	27	0.00182	1316,67
2	Omben	18756	89	0.00475	1406,95
3	Robatal	22866	64	0.00280	1396,76
4	Sampang	6203.8	46	0.00741	1159,17
5	Karang Penang	25467	116	0.00455	1228,91

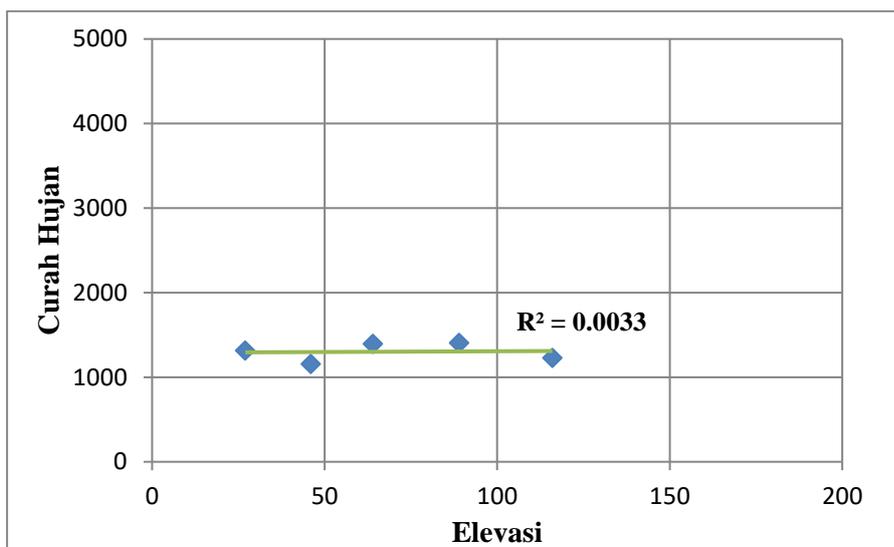
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



Gambar 4.57 Grafik Hubungan Jarak terhadap Curah Hujan

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

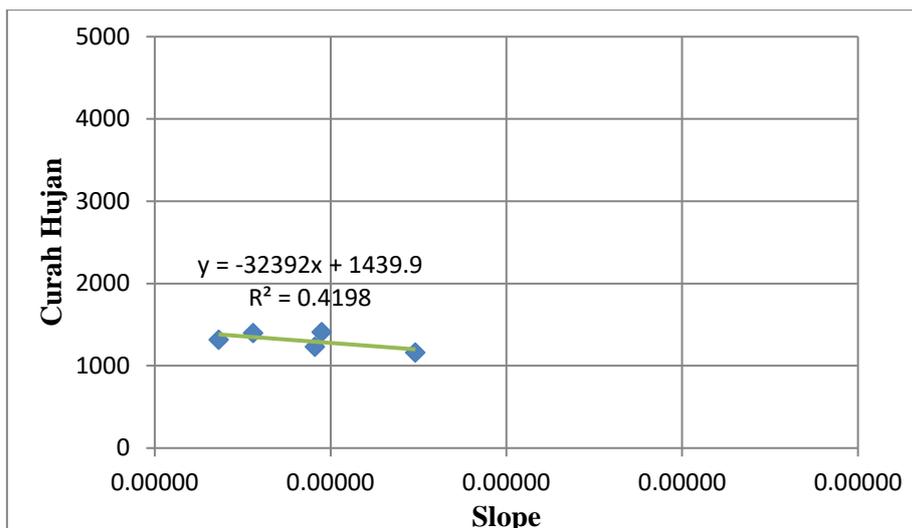
Hubungan antara jarak dengan curah hujan dapat dikatakan cukup lemah dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,2543. Semakin jauh stasiun hujan dari *outlet* sungai, maka hujan yang turun bertambah besar pada titik tersebut.



Gambar 4.58 Grafik Hubungan Elevasi terhadap Curah Hujan

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Hubungan antara elevasi dengan curah hujan dapat dikatakan sangat lemah dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,0033. Semakin tinggi elevasi stasiun hujan, maka hujan yang turun cukup bertambah besar pada titik tersebut.



Gambar 4.59 Grafik Hubungan *Slope* terhadap Curah Hujan

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Hubungan antara *slope* dengan curah hujan dapat dikatakan cukup lemah dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,4198. Semakin besar *slope* stasiun hujan terhadap *outlet* sungai, maka hujan yang turun belum tentu bertambah besar pada titik tersebut.

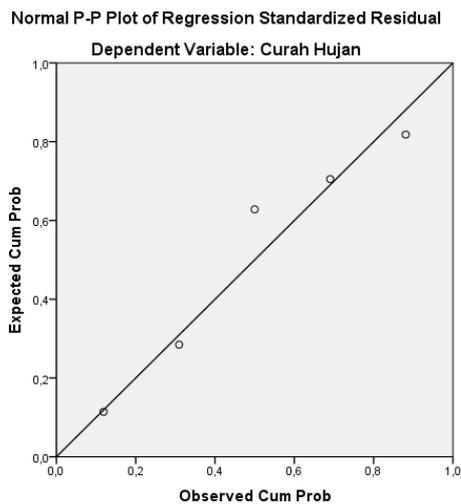
Berdasarkan grafik hubungan 3 parameter topografi terhadap curah hujan di DAS Kemuning, parameter topografi yang memiliki hubungan yang paling kuat adalah *slope* terhadap curah hujan dengan $R^2 = 0,4198$. Semakin besar *slope* stasiun hujan terhadap *outlet* sungai, belum tentu dapat mempengaruhi hujan yang turun pada titik tersebut. Kemudian jarak memiliki hubungan yang lemah terhadap curah hujan ($R^2 = 0,2543$). Semakin jauh stasiun hujan dari *outlet* sungai, maka hujan yang turun bertambah besar pada titik tersebut. Sedangkan elevasi memiliki hubungan yang paling lemah dibandingkan lainnya ($R^2 = 0,0409$), karena elevasi stasiun hujan semakin tinggi, maka hujan yang turun cukup bertambah besar pada titik tersebut. Tetapi belum tentu hujan tersebut merata, tergantung dengan ketinggian daerah pada titik tersebut.

Sehingga dapat disimpulkan dalam perencanaan jaringan stasiun hujan yang baru di DAS Kemuning, faktor topografi (*slope*) merupakan parameter yang cukup untuk dipertimbangkan, karena pengaruh kemiringan terhadap hujan yang turun cukup kuat ($R^2 = 0,4198$). Setelah didapatkan model regresi tiap parameter topografi terhadap curah hujan, maka akan dilakukan uji asumsi klasik guna mengetahui kelayakan model regresi linier. Analisa dilakukan dengan bantuan aplikasi SPSS 21.0.

4.8.4.1. Uji Asumsi Klasik

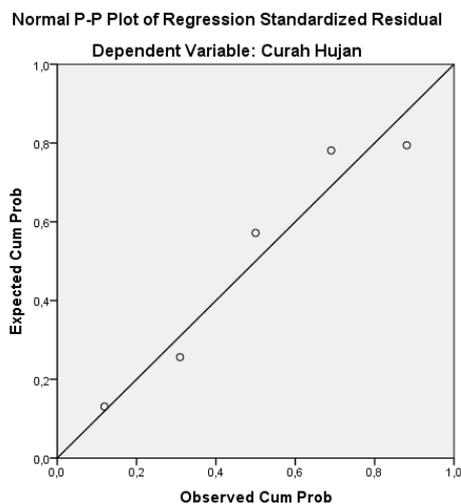
1. Uji Normalitas Residual

Uji Normalitas Residual digunakan untuk menguji nilai residual yang dihasilkan dari regresi terdistribusi secara normal atau tidak. Metode yang digunakan untuk mengetahui normalitas residual pada studi ini adalah metode Grafik. Hasil pengujian *Normal Probability* pada output regresi disajikan pada Gambar 4.60, Gambar 4.61 dan Gambar 4.62.



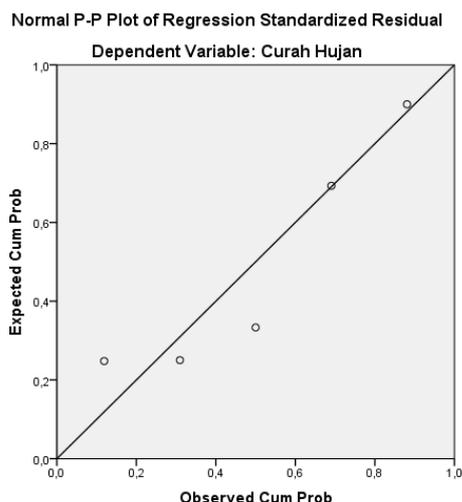
Gambar 4.60 Normal Probability Plot Model Regresi Jarak terhadap Curah Hujan

Sumber: Aplikasi SPSS 21.0



Gambar 4.61 Normal Probability Plot Model Regresi Elevasi terhadap Curah Hujan

Sumber: Aplikasi SPSS 21.0



Gambar 4.62 Normal Probability Plot Model Regresi Slope terhadap Curah Hujan

Sumber: Aplikasi SPSS 21.0

Dari ketiga model regresi grafik *Normal Probability Plot* diatas, dapat dikatakan bahwa data menyebar di sekitar garis diagonal dan mengikuti arah garis diagonal, maka dapat disimpulkan data terdistribusi dengan normal dan kedua model regresi telah memenuhi asumsi normalitas.

2. Uji Autokorelasi

Uji Autokorelasi untuk mengetahui terjadi korelasi diantara data pengamatan atau tidak yang disusun menurut runtutan waktu. Pada studi ini metode yang digunakan adalah uji *Durbin-Watson* dan uji *Runtjes*.

➤ Uji *Durbin-Watson*

Apabila nilai statistik *Durbin-Watson* mendekati angka 2 maka dapat dinyatakan bahwa data pengamatan tersebut tidak memiliki autokorelasi, dalam sebaliknya maka dinyatakan terjadi autokorelasi. Nilai *Durbin-Watson* dapat dilihat pada *Model Summary* yang disajikan pada Tabel 4.61.

Tabel 4.61

Model Summary Regresi Jarak terhadap Curah Hujan

Model	R	R ²	R ² Adjusted	Std. Error of The Estimate	Durbin-Watson
1	0,505a	0.255	0.006	106.96675	0.703

Sumber: Aplikasi SPSS 21.0, 2018

Keterangan: a = Jarak

Dependent Variable = Curah Hujan

Tabel 4.62

Model Summary Regresi Elevasi terhadap Curah Hujan

Model	R	R ²	R ² Adjusted	Std. Error of The Estimate	Durbin-Watson
1	0,057a	0.003	-0.329	123.70028	1.412

Sumber: Aplikasi SPSS 21.0, 2018

Keterangan: a = Elevasi

Dependent Variable = Curah Hujan

Tabel 4.63

Model Summary Regresi Slope terhadap Curah Hujan

Model	R	R ²	R ² Adjusted	Std. Error of The Estimate	Durbin-Watson
1	0,648a	0.42	0.227	94.35838	1.796

Sumber: Aplikasi SPSS 21.0, 2018

Keterangan: a = Slope

Dependent Variable = Curah Hujan

➤ Uji *Run-Test*

Hasil uji autokorelasi *Durbin-Watson* dengan aplikasi SPSS secara teori memenuhi karena nilai mendekati 2, namun karena jumlah stasiun hujan yang sedikit maka tidak dapat dibuktikan atau tidak didapatkan kesimpulan hasil uji autokorelasi berdasarkan tabel *Durbin-Watson* oleh karena itu perlu pengujian lebih lanjut dengan menggunakan metode *run test* agar model regresi lebih meyakinkan. Pada uji *run test* jika nilai *Asymp. Sig (2-tailed)* menunjukkan lebih dari 0,05 maka tidak terdapat autokorelasi.

Hasil *Run-Test* seluruh model regresi dibuktikan dengan nilai *Asymp. Sig (2-tailed)*. Jika nilai *Asymp. Sig (2-tailed)* > 0,05 maka seluruh model regresi tidak mengalami autokorelasi. Berdasarkan analisa *Run-Test*, nilai *Asymp. Sig (2-tailed)* 1 > 0,05 maka model regresi tidak mengalami autokorelasi.

Tabel 4.64

Run Test Seluruh Model Regresi

	Unstandardized Residual
Test Value ^a	-21.66267
Cases < Test Value	2
Cases >= Test Value	3
Total Cases	5
Number of Runs	3
Z	0.000
Asymp. Sig. (2-tailed)	1.000

Sumber: Hasil Aplikasi SPSS 21.0

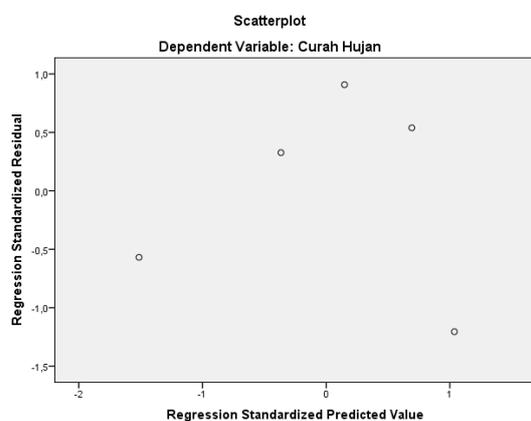
Tabel 4.65
Rekapitulasi Hasil Uji Autokorelasi Model Regresi Linier

Variabel Independent	Nilai <i>Durbin-Watson</i>	Kesimpulan	Nilai <i>Run-Test</i>	Kesimpulan
Jarak	0,703	H ₀ diterima, Tidak Terjadi Autokorelasi		
Elevasi	1,412	H ₀ diterima, Tidak Terjadi Autokorelasi	1	H ₀ diterima, Tidak Terjadi Autokorelasi
<i>Slope</i>	1,796	H ₀ diterima, Tidak Terjadi Autokorelasi		

Sumber: Hasil SPSS 21.0, 2018

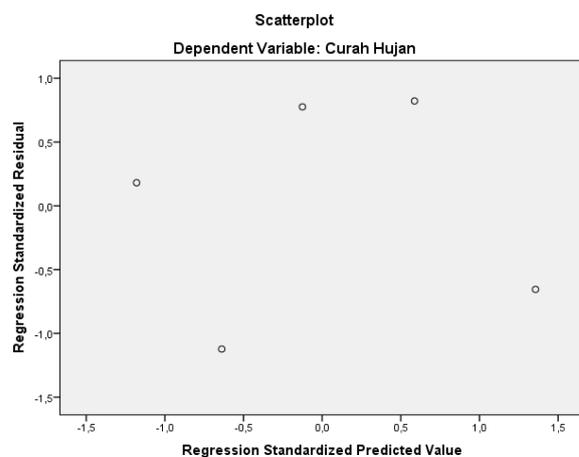
3. Uji Heteroskedastisitas

Uji Heteroskedastisitas digunakan untuk mengecek variasi residual sama atau tidak untuk sebuah pengamatan. Metode yang digunakan adalah metode grafik. Jika pola tertentu seperti titik-titik tidak membentuk suatu pola yang jelas atau acak maka terjadi Heteroskedastisitas.



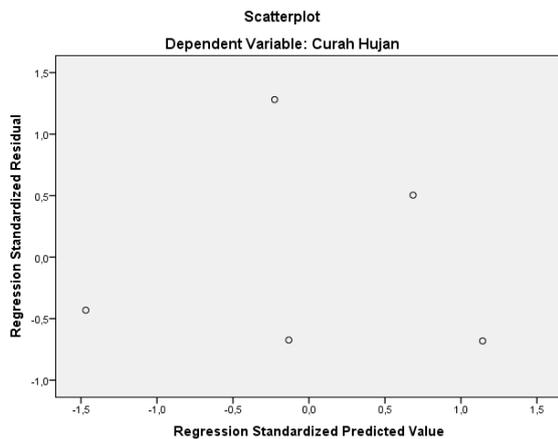
Gambar 4.63 Scatterplot Uji Heteroskedastisitas Model Regresi Jarak terhadap Curah Hujan

Sumber: Aplikasi SPSS 21.0



Gambar 4.64 Scatterplot Uji Heteroskedastisitas Model Regresi Elevasi terhadap Curah Hujan

Sumber: Aplikasi SPSS 21.0



Gambar 4.65 Scatterplot Uji Heteroskedastisitas Model Regresi *Slope* terhadap Curah Hujan

Sumber: Aplikasi SPSS 21.0

Berdasarkan hasil *scatterplot* dari Gambar 4.63, Gambar 4.64 dan Gambar 4.65, grafik tidak membentuk pola yang jelas. Maka dapat disimpulkan bahwa model regresi linier memiliki Heteroskedastisitas.

Tabel 4.66

Rekapitulasi Uji Asumsi Klasik Seluruh Model Regresi Linier

Variabel Independent	R ²	Normalitas	Autokorelasi	Heteroskedastisitas
Jarak	0,2543	√	√	√
Elevasi	0,0033	√	√	√
<i>Slope</i>	0,4198	√	√	√

Sumber: Hasil SPSS 21.0, 2018

Dapat disimpulkan bahwa seluruh model regresi linier memenuhi uji asumsi klasik dan lolos semua uji asumsi yang dilakukan. Berikut adalah rekapitulasi hubungan antar parameter topografi pada keseluruhan metode :

Tabel 4.67

Rekapitulasi Hasil Uji Asumsi Klasik pada Seluruh Metode

Variabel Independent	R ²	R	Normalitas	Autokorelasi	Heteroskedastisitas
Eksisting terpilih Kagan-Rodda terhadap jarak					
Elevasi	0,173	0,416	√	√	√
<i>Slope</i>	0,128	0,358	√	√	√
Kagan-Rodda terhadap Curah Hujan					
Jarak	0,041	0,202	√	√	√
Elevasi	0,294	0,542	√	√	√
<i>Slope</i>	0,350	0,591	√	√	√
Kriging Rekomendasi II terhadap jarak					
Elevasi	0,492	0,701	√	√	√
<i>Slope</i>	0,277	0,526	√	√	√
Kriging Rekomendasi II terhadap Curah Hujan					
Jarak	0,254	0,504	√	√	√
Elevasi	0,003	0,057	√	√	√
<i>Slope</i>	0,420	0,648	√	√	√

Sumber: Hasil SPSS 21.0, 2018

Untuk hasil pengaruh topografi (jarak, elevasi, *slope*) pada analisis metode Kagan-Rodda, stasiun hujan eksisting terpilih Kagan-Rodda (4 stasiun hujan) memiliki hubungan antar parameter topografi yang kecil yaitu parameter elevasi dan jarak dengan nilai $R^2 = 0,173$ atau $R = 0,416$. Dan untuk stasiun hujan hasil Kagan-Rodda (4 stasiun hujan) memiliki hubungan topografi yang cukup kuat berdasarkan curah hujan dengan parameter topografi yaitu *slope* dengan nilai $R^2 = 0,350$ atau $R = 0,591$.

Sedangkan untuk hasil pengaruh topografi pada analisis metode Kriging, stasiun hujan Kriging rekomendasi II (5 stasiun hujan) memiliki hubungan yang cukup kuat antar parameter topografi yaitu parameter elevasi dan jarak dengan nilai $R^2 = 0,4915$ atau $R = 0,701$. Dan untuk stasiun hujan hasil Kriging (5 stasiun hujan) memiliki hubungan topografi yang cukup kuat berdasarkan curah hujan dengan parameter topografi yaitu *slope* dengan nilai $R^2 = 0,420$ atau $R = 0,648$, karena model regresi linier hubungan antar parameter topografi memenuhi semua uji asumsi klasik.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)