

**EVALUASI DAN PERENCANAAN KERAPATAN JARINGAN POS
HUJAN DENGAN METODE *KRIGING* MENURUT REKOMENDASI
WMO (*WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION*) DI WILAYAH
SUNGAI ROKAN PROVINSI RIAU**

SKRIPSI

**TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI PENGETAHUAN DASAR
SUMBER DAYA AIR**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



BAGUS WICAKSONO
NIM. 115060400111065

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2018

LEMBAR PENGESAHAN

EVALUASI DAN PERENCANAAN KERAPATAN JARINGAN POS HUJAN DENGAN METODE *KRIGING* MENURUT REKOMENDASI WMO (*WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION*) DI WILAYAH SUNGAI ROKAN PROVINSI RIAU

SKRIPSI

TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI PENGETAHUAN DASAR SUMBER DAYA AIR

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik



**BAGUS WICAKSONO
NIM. 115060400111065**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing pada tanggal 27 Juli 2018

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Pengairan


Dr. Ir. Eddy Andawayanti, MS.
NIP. 19640131 198609 2 001

Dosen Pembimbing


Dr. Ery Suhartanto, ST., MT.
NIP. 19730305 199903 1 002

PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan berkat dan anugerah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan Usulan Skripsi dengan judul **“Evaluasi Dan Perencanaan Kerapatan Jaringan Pos Hujan Dengan Metode *Kriging* Menurut Rekomendasi WMO (*World Meteorological Organization*) Di Wilayah Sungai Rokan Provinsi Riau”** ini dengan lancar.

Penyusunan Skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh oleh mahasiswa Teknik Pengairan Universitas Brawijaya untuk dapat melanjutkan Skripsi guna memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Dalam kesempatan ini penulis hendak mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa melimpahkan segala rahmat serta kasih sayang-Nya kepada makhluk - makhluk - Nya
2. Bapak, Ibu, serta Kakak atas dukungan dan dorongan untuk menyelesaikan Usulan Skripsi ini dan doa yang selalu dan tidak pernah lupa untuk diucapkan setiap malam
3. Bapak Dr. Ery Suhartanto, ST., MT selaku dosen pembimbing skripsi yang dengan kesabaran memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan laporan skripsi ini.
4. Prof. Dr. Ir. Lily Montarcih L., M.Sc., Ibu Dian Candrasasi, ST., MT., dan Ibu Rahma Dara Lufira, ST., MT. selaku Dosen Penguji yang telah berkenan menguji Skripsi ini.
5. Aryoga, Fisabella, Shabrina dan teman-teman lainnya yang selalu memberikan kritik, masukan positif serta motivasi selama masa pendidikan.
6. Keluarga Besar Mahasiswa Pengairan (KBMP) serta teman-teman angkatan 2011 yang telah membantu penyelesaian laporan skripsi ini.
7. Dan semua pihak yang telah membantu sehingga laporan ini dapat terselesaikan.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis sadar bahwa masih banyak kekurangan yang perlu diperbaiki sehingga saran dan kritik yang membangun sangatlah diharapkan sehingga kesempurnaan tulisan dan pekerjaan di masa mendatang. Akhir kata, semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Amin.

Malang, Juli 2018

Penulis



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

	Halaman
PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	x
RINGKASAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Rumusan Masalah.....	3
1.5 Tujuan Studi.....	4
1.6 Manfaat Studi.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Daerah Aliran Sungai (DAS) dan Sub DAS.....	5
2.2 Jaringan Pos Hujan.....	5
2.3 Analisa Data Hujan.....	6
2.3.1 Kualitas Data.....	6
2.3.2 Data Hujan yang Hilang.....	6
2.3.3 Uji Konsistensi Data.....	7
2.3.3.1 Uji Ketidakadaan Trend.....	9
2.3.3.2 Uji Stasioner.....	11
2.3.3.3 Uji Persistensi.....	13
2.3.3.4 Uji <i>Inlier-Outlier</i>	14
2.3.4 Metode Poligon Thiessen.....	15
2.4 Analisa Kerapatan Jaringan Stasiun Penakar Hujan.....	16
2.4.1 Standar WMO (<i>World Meteorological Organization</i>).....	17
2.4.2 Metode Kriging.....	17
2.5 Sistem Informasi Geografis (<i>Geographical Information System</i>).....	22

2.5.1	Subsistem SIG	24
2.5.2	Model Data SIG	25
2.5.3	Komponen SIG	26
2.5.4	Pengolahan Data dengan SIG	27
2.5.4.1	Pemasukan Data	27
2.5.4.2	Manipulasi dan Analisis Data	27
2.5.5	Keluaran Data	28
BAB III	METODOLOGI STUDI	31
3.1	Gambaran Umum.....	31
3.2	Tata Ruang Wilayah Sungai Rokan.....	34
3.3	Topografi	37
3.4	Lahan Kritis	37
3.5	Data Sumber Daya Air.....	40
3.6	Iklm	40
3.7	Pos Hidrologi Wilayah Sungai Rokan	40
3.8	Data-data yang Dibutuhkan	41
3.9	Langkah-langkah Pengerjaan Studi	42
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	47
4.1	Analisa Data Hujan.....	47
4.1.1	Kualitas Data	47
4.1.2	Uji Konsistensi Data Hujan	47
4.1.3	Penyaringan Data Hujan	49
4.1.3.1	Uji Ketidakadaan Trend	49
4.1.3.2	Uji Stasioner.....	53
4.1.3.3	Uji Persistensi.....	55
4.1.3.4	Uji <i>Inlier-Outlier</i>	56
4.2	Analisa Curah Hujan Rerata Daerah.....	57
4.3	Analisa Kerapatan Jaringan Stasiun Hujan dengan Standar WMO.....	61
4.4	Evaluasi Stasiun Hujan dengan Metode <i>Kriging</i>	61
4.5	Evaluasi Stasiun Hujan Metode <i>Kriging</i>	87
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	89
5.1	Kesimpulan.....	89
5.2	Saran	90

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN





(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Nilai Derajat Kepercayaan (Z_c).....	11
Tabel 2.2	Nilai K_n untuk Uji Outliers.....	14
Tabel 2.3	Kerapatan Minimum yang Direkomendasikan WMO.....	17
Tabel 3.1	Daftar DAS Pada WS Rokan.....	33
Tabel 3.2	Wilayah Administrasi Pemerintahan di WS Rokan.....	34
Tabel 3.3	Luas Kawasan Lindung per Kabupaten/Kota.....	35
Tabel 3.4	Kawasan Budidaya per Kabupaten/Kota.....	36
Tabel 3.5	Luas Lahan Kritis per Kabupaten/Kota.....	37
Tabel 3.6	Ketersediaan Data Klimatologi WS Rokan.....	40
Tabel 3.7	Pos Hidrologi WS Rokan.....	41
Tabel 4.1	Uji Konsistensi Stasiun Hujan Pasar Tangun.....	47
Tabel 4.2	Uji Konsistensi Stasiun Hujan Pasar Tangun setelah dikalikan Faktor Koreksi (FK).....	48
Tabel 4.3	Ketidakadaan <i>Trend</i> Metode Spearman Stasiun Hujan Pasar Tangun.....	50
Tabel 4.4	Uji Mann dan Whitney Stasiun Hujan Pasar Tangun.....	52
Tabel 4.5	Uji Cox dan Stuart Stasiun Hujan Pasar Tangun.....	53
Tabel 4.6	Uji-T Stasiun Hujan Pasar Tangun.....	53
Tabel 4.7	Uji-F Stasiun Hujan Pasar Tangun.....	54
Tabel 4.8	Uji Persistensi Pasar Tangun.....	55
Tabel 4.9	Stasiun Hujan Pasar Tangun Sebelum <i>inlier-outlier</i>	56
Tabel 4.10	Rekapitulasi Uji Keandalan Data Hujan Tahunan Kumulatif.....	57
Tabel 4.11	Faktor Koreksi Luas Pengaruh Poligon Thiessen.....	58
Tabel 4.12	Rekapitulasi Hujan Rerata Daerah.....	60
Tabel 4.13	Analisa Kerapatan Stasiun Hujan Berdasarkan Standar WMO.....	61
Tabel 4.14	<i>Cross Validation</i> Model Semivariogram <i>Spherical</i>	70
Tabel 4.15	<i>Cross Validation</i> Model Semivariogram <i>Exponential</i>	70
Tabel 4.16	<i>Cross Validation</i> Model Semivariogram <i>Gaussian</i>	71
Tabel 4.17	Perbandingan Hasil <i>Cross Validation</i> Ketifa Model Semivariogram Stasiun Hujan Eksisting.....	72



Tabel 4.18 *Cross Validation* Model Semivariogram pada Stasiun Hujan Rekomendasi I (8 Stasiun Hujan berdasarkan hasil penyaringan data) 82

Tabel 4.19 *Cross Validation* Model Semivariogram pada Stasiun Hujan Rekomendasi II (25 Stasiun Hujan dengan kondisi ideal - normal) 82

Tabel 4.20 Perbandingan Nilai RMSE dan MAE Stasiun Hujan Eksisting dan Stasiun Hujan Rekomendasi 84

Tabel 4.21 Perhitungan Kesalahan Relatif Stasiun Hujan Rekomendasi I 87

Tabel 4.22 Perhitungan Kesalahan Relatif Stasiun Hujan Rekomendasi II 87

Tabel 4.23 Rekapitulasi Kesalahan Relatif Stasiun Hujan Rekomendasi Kriging..... 88



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Analisa Kurva Massa Ganda	8
Gambar 2.2	Metode Poligon Thiessen	16
Gambar 2.3	Bentuk Umum Semivariogram.....	19
Gambar 2.4	Model <i>Spherical</i>	19
Gambar 2.5	Model <i>Exponential</i>	20
Gambar 2.6	Model <i>Gaussian</i>	20
Gambar 3.1	Peta Lokasi Wilayah Sungai Rokan	32
Gambar 3.2	Peta Topografi Wilayah Sungai Rokan	38
Gambar 3.3	Peta Lahan Kritis Wilayah Sungai Rokan.....	39
Gambar 3.4	Diagram Alir Penyelesaian Studi	44
Gambar 3.5	Diagram Alir Metode <i>Kriging</i>	45
Gambar 4.1	Kurva Massa Ganda Stasiun Hujan Pasar Tangun sebelum terkoreksi	48
Gambar 4.2	Kurva Massa Ganda Stasiun Hujan Pasar Tangun setelah terkoreksi.....	49
Gambar 4.3	Poligon <i>Thiessen</i> Stasiun Hujan Eksisting	59
Gambar 4.4	Menambah Toolbar <i>Geostatistical Analyst</i>	62
Gambar 4.5	Menambah Data Pada ArcMap	62
Gambar 4.6	Menambah Data Shp Pada ArcMap	63
Gambar 4.7	Menambah Data Shp yang Digunakan Pada ArcMap.....	63
Gambar 4.8	Tampilan Layer yang Telah Ditambahkan Pada ArcMap.....	64
Gambar 4.9	Membuka Menu <i>Open Attribute Table</i>	64
Gambar 4.10	Tampilan Tabel yang Telah Dibuka.....	65
Gambar 4.11	Menambahkan Kolom Curah Hujan Pada Tabel.....	65
Gambar 4.12	Pemilihan Input Data, Metode dan Atribut	66
Gambar 4.13	Pemilihan Metode (<i>Ordinary Kriging</i>).....	67
Gambar 4.14	Semivariogram Curah Hujan Hasil <i>Binning</i>	67
Gambar 4.15	Semivariogram Curah Hujan Hasil <i>Binning</i>	68
Gambar 4.16	Permodelan Semivariogram <i>Spherical</i>	68
Gambar 4.17	Permodelan Semivariogram <i>Exponential</i>	69
Gambar 4.18	Permodelan Semivariogram <i>Gaussian</i>	69



Gambar 4.19 Peta Galat Baku Prediksi Stasiun Hujan Eksisting dengan Aplikasi <i>ArcGIS</i> 10.2.2.....	74
Gambar 4.20 Memulai Edit Pada Layer yang Akan Ditambah Atau Dikurangi	75
Gambar 4.21 Tampilan Start <i>Editing</i>	75
Gambar 4.22 Tampilan Start <i>Editing</i>	76
Gambar 4.23 Tampilan Stop <i>Editing</i> dan <i>Save Editing</i>	76
Gambar 4.24 Pemilihan Input Data, Metode dan Atribut	77
Gambar 4.25 Pemilihan Metode (<i>Ordinary Kriging</i>)	78
Gambar 4.26 Semivariogram Curah Hujan Hasil <i>Binning</i> Rekomendasi I	78
Gambar 4.27 Semivariogram Curah Hujan Hasil <i>Binning</i> Rekomendasi II	79
Gambar 4.28 Semivariogram Curah Hujan Hasil <i>Binning</i> Rekomendasi I	79
Gambar 4.29 Semivariogram Curah Hujan Hasil <i>Binning</i> Rekomendasi II	80
Gambar 4.30 Permodelan Semivariogram <i>Spherical</i> Rekomendasi I	80
Gambar 4.31 Permodelan Semivariogram <i>Spherical</i> Rekomendasi II	81
Gambar 4.32 Permodelan Semivariogram <i>Exponential</i> Rekomendasi I	81
Gambar 4.33 Permodelan Semivariogram <i>Exponential</i> Rekomendasi II	82
Gambar 4.34 Peta Galat Baku Prediksi Stasiun Hujan Rekomendasi I	85
Gambar 4.35 Peta Galat Baku Prediksi Stasiun Hujan Rekomendasi II	86

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1	Data Hujan WS Rokan	93
Lampiran 2	Uji Konsistensi Data Hujan Kumulatif Tahunan	93
Lampiran 3	Uji Ketiadaan Trend (Korelasi Peringkat Metode <i>Spearman</i>)	117
Lampiran 4	Uji Ketiadaan Trend (Metode <i>Mann dan Whitney</i>).....	123
Lampiran 5	Uji Ketiadaan Trend (Tanda Metode <i>Cox dan Stuart</i>)	129
Lampiran 6	Tabel Titik Prosentase Distribusi <i>F</i> untuk Probabilita = 0,5.....	133
Lampiran 7	Tabel Distribusi <i>t</i>	134
Lampiran 8	Uji Stasioner (Uji <i>t</i> dan Uji <i>F</i>).....	135
Lampiran 9	Uji Persistensi.....	147
Lampiran 10	Uji <i>Inlier - Outlier</i>	150
Lampiran 11	<i>Cross Validation</i> Model Semivariogram <i>Spherical, Exponential</i> dan <i>Gaussian</i> Pada Stasiun Hujan Rekomendasi I	153
Lampiran 12	<i>Cross Validation</i> Model Semivariogram <i>Spherical, Exponential</i> dan <i>Gaussian</i> Pada Stasiun Hujan Rekomendasi II	154
Lampiran 13	Peta Poligon <i>Thiessen</i>	157
Lampiran 14	Peta Galat Baku Eksisting	159
Lampiran 15	Peta Galat Baku Stasiun Hujan <i>Kriging</i> Rekomendasi I.....	162
Lampiran 16	Peta Galat Baku Stasiun Hujan <i>Kriging</i> Rekomendasi II.....	165
Lampiran 17	BAB III	168
Lampiran 18	BAB IV	171





(Halaman ini sengaja dikosongkan)

RINGKASAN

Bagus Wicakosono, Jurusan Teknik Pengaian, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2018, *Evaluasi Dan Perencanaan Kerapatan Jaringan Pos Hujan Dengan Metode Kriging Menurut Rekomendasi WMO (World Meteorological Organization) Di Wilayah Sungai Rokan Provinsi Riau*, Dosen Pembimbing: Dr. Ery Suhartanto, ST., MT.

Dalam kegiatan analisis hidrologi dibutuhkan data hidrologi seperti data curah hujan, debit air, data iklim dan lain sebagainya. Data hidrologi didapat atau dipantau melalui berbagai pos hidrologi yang tersedia di beberapa daerah dalam suatu wilayah, namun belum tentu data yang diperoleh atau yang dihasilkan selalu akurat. Keakuratan data dalam hidrologi dilihat dari kerapatan pos hidrologi satu dengan yang lain, semakin rapat pos hidrologi maka data yang diperoleh akan semakin akurat. Mengingat pentingnya informasi data hidrologi yang bergantung pada infrastruktur pengairan maka diperlukan kajian evaluasi dan perencanaan jaringan stasiun hujan yang efektif dan efisien.

Wilayah Sungai Rokan secara keseluruhan memiliki luas sekitar 22.325 km². Data yang digunakan dalam studi ini adalah data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait (data hujan). Untuk mengevaluasi dan merencanakan kerapatan jaringan pos hujan eksisting digunakan metode *Kriging*. Keoptimalan letak pos hujan rekomendasi dilihat dari besarnya nilai RMSE dan MAE serta memenuhi standart WMO (*World Meteorological Organization*). Sedangkan pengujian metode *Kriging* dilakukan dengan menentukan besarnya kesalahan relatif antara curah hujan rancangan eksisting dengan curah hujan rancangan pada pos hujan rekomendasi.

Hasil analisa evaluasi stasiun hujan berdasarkan standar WMO rekomendasi I adalah 8 stasiun hujan dengan kondisi normal dan untuk rekomendasi II adalah 25 stasiun hujan dengan kondisi normal dan ideal. Sedangkan hasil dari metode *Kriging* didapatkan jumlah ideal stasiun hujan yaitu 8 stasiun hujan, dengan nilai RMSE dan MAE rekomendasi I lebih kecil dari pada eksisting. Sedangkan nilai rata-rata kesalahan relatif rekomendasi adalah 8,1% pada peta galat baku exponential.

Kata kunci: evaluasi, standar WMO, Metode Kriging



(Halaman ini sengaja dikosongkan)



SUMMARY

Bagus Wicaksono, Engineering Department, Faculty of Engineering Universitas Brawijaya, July 2018, *Evaluation and Planning of Rainfall Network With Kriging Method According to WMO (World Meteorological Organization) Recommendation in Rokan River Region Of Riau Province, Supervisor: Dr. Ery Suhartanto, ST., MT.*

In hydrology analysis activities required hydrological data such as rainfall data, water discharge, climate data and so forth. Hydrological data obtained or monitored through various hydrological posts available in some areas within a region, but not necessarily the data obtained or produced is always accurate. The accuracy of the data in hydrology seen from the hydrological heading density with each other, the closer the hydrological post, the data obtained will be more accurate. Given the importance of hydrological data information that relies on irrigation infrastructure it is necessary to rationalize or plan an effective and efficient network of rainfall stations.

The entire Rokan River region has an area of approximately 22.325 km². The data used in this study is secondary data obtained from related institution (rainfall data). To evaluate and plan the existing rainfall network density the Kriging method is used. The optimization of rainfall recommended location is seen from the value of RSME and MAE and meet the standart of WMO (World Meteorological Organization). While test of Kriging method is done by determining the relative error between the rainfall of the existing design with rainfall design on the recommended rainfall network.

Result of evaluation of rainfall network evaluation based on WMO standart recommendation I is 8 rain station with normal condition and for recommendation II is 25 rain station with normal and ideal condition. While the result of the Kriging method obtained the ideal number of rain station that is 8 rain stations, with RMSE and MAE value of the recommendation I is smaller than the existing. While the average relative error value of recommendation is 8,1% at the Exponential raw error map.

Keywords: *Evaluation, WMO standard, Kriging Method*



(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB I **PENDAHULUAN**

1.1. Latar Belakang

Terdapat beberapa komponen dalam perencanaan bangunan air salah satunya yaitu hidrologi dengan banyak parameter yang berpengaruh pada proses tersebut yaitu hujan. Untuk mengetahui besarnya hujan maka diperlukan jaringan pengukuran hujan. Jaringan pengukuran hujan akan memberikan besarnya takaran/jumlah hujan yang jatuh di Wilayah Sungai (WS).

Menurut Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumberdaya Air, Wilayah Sungai merupakan gabungan dari beberapa Daerah Aliran Sungai (DAS). Sedangkan sistem alur sungai (gabungan antara alur badan sungai dan alur sempadan sungai) merupakan sistem *river basin* yang membagi DAS menjadi sub-DAS yang lebih kecil. Daerah Aliran Sungai menurut Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 38 Tahun 2011, Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. Sedangkan Sub DAS adalah bagian dari DAS yang menerima air hujan dan mengalirkannya melalui anak sungai ke sungai utama. Setiap DAS terbagi habis ke dalam Sub DAS-Sub DAS.

Kerapatan jaringan stasiun hujan dapat dinyatakan sebagai luas Sub DAS yang diwakili oleh satu stasiun hujan. Sedangkan pola penyebaran stasiun hujan menyatakan lokasi penempatan stasiun hujan dalam Sub DAS. Secara teoritis, semakin tinggi kerapatan stasiun hujan yang digunakan maka akan semakin tinggi pula ketelitian data yang diperoleh.

Ketelitian dan kualitas data yang akurat dalam penentuan potensi air permukaan pada suatu Wilayah Sungai (WS) sangat diperlukan dalam rangka mengoptimalkan kebutuhan dan pengembangan sumber daya air pada wilayah sungai tersebut. Hal ini tidak terlepas dari pentingnya jumlah pos hujan yang ideal serta penempatan lokasi pos yang dapat mewakili sebagai representasi karakteristik suatu Daerah Aliran Sungai (DAS).



Di era informasi sekarang ini, teknologi komputer memegang peranan yang sangat penting dalam memberikan informasi yang *uptodate*. Teknologi komputer yang dapat mengaplikasi program *software* yang berupaya mengkombinasikan antara sumberdaya manusia dan teknologi informasi dengan menghasilkan informasi guna mengambil keputusan. Oleh karena itu, dalam penataan pengelolaan sumber daya air di Pekanbaru dibutuhkan suatu sistem pengelolaan terpadu berbasis SIG (Sistem Informasi Geografis) sebagai landasan dalam pengambilan keputusan berkaitan dengan pemanfaatan sumber daya air Pekanbaru.

Wilayah Sungai (WS) Rokan merupakan wilayah sungai lintas provinsi, Wilayah Sungai (WS) Rokan meliputi Provinsi Sumatera Barat, Provinsi Sumatera Utara dan Provinsi Riau. Oleh karena Wilayah Sungai (WS) Rokan yang sangat luas sungai itu membutuhkan sistem pengelolaan sumber daya air yang bersifat khusus. Maka perlu evaluasi jaringan pos hujan yang optimal dari segi ekonomis maupun pengelolaan sehingga dapat diketahui pos-pos mana yang dominan atau dapat direlokasi pada WS Rokan.

1.2. Identifikasi Masalah

Pekanbaru dengan Wilayah Sungai (WS) Rokan yang luas membutuhkan sistem pengelolaan sumber daya air yang baik. Sehubungan dengan hal itu maka dibutuhkan pengelolaan yang bijak agar permasalahan sumber daya air di Pekanbaru dapat diatasi. Dalam kegiatan pembangunan terutama bangunan keairan, dibutuhkan data hidrologi seperti data curah hujan, debit air, data iklim dan lain sebagainya yang akurat. Keakuratan data hidrologi terutama data curah hujan dipengaruhi oleh kerapatan jaringan pos hujan pada suatu DAS atau WS.

Kerapatan jaringan pos hujan di Wilayah Sungai (WS) Rokan, saat ini masih menunjukkan kerapatan yang rendah dan penyebaran yang tidak merata. Melihat beberapa hal tersebut diatas maka analisa kerapatan jaringan pos hujan di Pekanbaru. Hal ini untuk mencapai kerapatan jaringan yang optimum dan perolehan informasi yang maksimum.

World Meteorological Organization (WMO) memberi pedoman kerapatan jaringan minimum di beberapa daerah. Pada umumnya daerah hujan yang terjadi lebih luas dibandingkan dengan daerah hujan yang diwakili oleh stasiun penangkar hujan atau sebaliknya, maka dengan memperhatikan pertimbangan ekonomi, topografi dan lain-lain harus ditempatkan stasiun hujan dengan kerapatan optimal yang bisa memberikan data dengan baik untuk analisis selanjutnya. Pedoman yang dikeluarkan oleh WMO menyebutkan bahwa untuk daerah tropis mediteran seperti Indonesia, diperlukan kerapatan

minimum sebesar 1000-3000 km² tiap pos untuk keadaan normal, sedangkan dalam keadaan yang sulit dianjurkan kerapatan sebesar 3000-9000 km² tiap pos, (Linsley dalam Harto, 1993: p.36).

Dari beberapa cara penetapan jaringan stasiun hujan yang telah ada, terdapat cara yang sering digunakan yaitu *Kriging*. Cara ini selain dapat memperkirakan jumlah stasiun hujan yang dibutuhkan juga dapat memperkirakan lokasi atau pola penyebaran di dalam DAS atau Sub DAS tersebut. Metode tersebut akan digunakan dalam studi ini.

1.3. Batasan Masalah

Dalam studi ini batasan masalah yang diambil adalah sebagai berikut:

1. Lokasi studi adalah Wilayah Sungai (WS) Rokan.
2. Evaluasi pos hujan eksisting menggunakan Metode Kriging dengan perangkat lunak *ArcGis 10.2.2*. Berdasarkan standar WMO (*World Meteorological Organization*).
3. Perhitungan analisa curah hujan rata-rata daerah menggunakan poligon thissen dengan perangkat lunak *ArcGis 10.2.2*.
4. Perencanaan kerapatan jaringan pos hujan menggunakan metode Kriging dengan perangkat lunak *ArcGis 10.2.2*. berdasarkan standar WMO (*World Meteorological Organization*).
5. Pengujian metode Kriging dengan membandingkan hasil perhitungan curah hujan rerata daerah metode Kriging dengan curah hujan rerata daerah berdasarkan kondisi jaringan pos hujan eksisting.
6. Dalam studi ini tidak membahas tentang analisa debit banjir rancangan dan spesifikasi teknis pos hujan.

1.4. Rumusan Masalah

Dari batasan masalah di atas, maka ada beberapa permasalahan yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil analisa kerapatan jaringan pos hujan eksisting berdasarkan standar WMO (*World Meteoroloical Organizaton*)?
2. Bagaimana hasil pembuatan jaringan pos hujan baru (rekomendasi) dengan metode Kriging?
3. Bagaimana hasil analisa kerapatan jaringan pos hujan baru (rekomendasi) berdasarkan standar WMO (*World Meteoroloical Organizaton*)?

1.5. Tujuan

Tujuan dari studi ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui hasil analisa kerapatan jaringan pos hujan eksisting berdasarkan standar WMO (*World Meteoroloical Organizaton*).
2. Mengetahui hasil pembuatan jaringan pos hujan baru (rekomendasi) dengan metode Kriging.
3. Mengetahui hasil analisa kerapatan jaringan pos hujan baru (rekomendasi) berdasarkan standar WMO (*World Meteoroloical Organizaton*).

1.6. Manfaat

Adapun manfaat dari studi ini adalah:

1. Mengevaluasi jaringan pos hujan eksisting setelah jangka waktu tertentu untuk mengetahui nilai skala prioritas tiap pos hujan, sehingga pos hujan yang kurang berpengaruh dapat dipindahkan ketempat lain yang masih membutuhkan atau dihilangkan sedangkan untuk pos hujan yang mutlak perlu harus dibangun atau diperbaiki.
2. Menambah wawasan dan pengetahuan tentang perencanaan infrastruktur bangunan keairan khususnya pos hujan.
3. Memberi masukan dan bahan pertimbangan dari instansi terkait dalam merencanakan tata letak pos hujan yang ada di Pekanbaru Wilayah Sungai (WS) Rokan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Menurut Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 38 Tahun 2011 sungai merupakan alur atau wadah air alami dan/ atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya. Sedangkan Daerah Aliran Sungai adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. Sub DAS adalah bagian dari DAS yang menerima air hujan dan mengalirkannya melalui anak sungai ke sungai utama. Setiap DAS terbagi habis ke dalam Sub DAS-Sub DAS.

2.2. Jaringan Pos Hujan

Hujan merupakan komponen masukan yang paling penting dalam proses hidrologi, Jumlah kedalaman hujan ini dialihragamkan menjadi aliran sungai, baik melalui limpasan permukaan, aliran antara (*interflow*, *sub surface inflow*) maupun aliran air tanah (*groundwater*) (Harto, 1990, p.56)

Untuk menetapkan jumlah hujan yang jatuh di dalam suatu DAS, diperlukan sejumlah stasiun hujan yang dipasang sedemikian rupa sehingga diperoleh data yang mewakili besaran hujan pada DAS yang bersangkutan. Data hujan tersebut sebagai masukan model analisis harus merupakan data yang dikumpulkan secara teratur dan teramati sehingga dapat memberikan informasi yang cermat.

Beberapa metode yang dikembangkan dapat mengakomodasikan pekerjaan rasionalisasi jaringan pos hidrologi untuk menghasilkan keluaran (*output*) yang baik berupa jaringan pos hidrologi yang ideal, efektif, dan efisien untuk menunjang perencanaan, pengelolaan dan pengembangan sumber daya air.

Jaringan pos hujan sebagai satu sistem yang terorganisir untuk mengumpulkan data hujan secara optimal untuk berbagai keperluan. Dalam hal ini kepentingan yang dimaksud adalah perolehan data yang maksimal dan kerapatan jaringan yang optimum. Jaringan pos hujan memiliki fungsi yaitu untuk mengurangi variabilitas besaran kejadian atau

mengurangi ketidakpastian dan meningkatkan pemahaman terhadap besaran yang terukur maupun terinterpolasi (Harto, 1993, p.22).

Dalam merencanakan jaringan pos hujan, terdapat dua hal penting yang perlu dipertimbangkan yaitu (Harto, 1993, p.23):

1. Berapa jumlah pos yang diperlukan
2. Dimana pos-pos tersebut akan dipasang

Hal ini sangat diperlukan, karena pada jaringan pos hujan perbedaan jumlah dan pola penyebaran pos yang digunakan dalam memperkirakan besar hujan yang terjadi dalam suatu DAS akan memberikan perbedaan dalam besaran hujan yang didapatkan dan mempengaruhi ketelitian hitungan hujan rata-rata DAS.

2.3. Analisa Data Hujan

2.3.1. Kualitas Data

Dalam menyiapkan data untuk berbagai hal, perlu diperhatikan adanya kesulitan dalam akses data dan ketidakteelitian data, karena hal ini akan mempengaruhi kualitas data. Disadari bahwa menghilangkan kesalahan dalam pengumpulan data tidak akan mungkin dilakukan, mengingat demikian kompleks masalah dan sumber kesalahan yang terjadi. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah menelaah satu demi satu kemungkinan sumber kesalahan dan mengupayakan kesalahan yang ditimbulkan sekecil mungkin.

Meskipun tidak dapat diketahui secara jelas, namun sumber-sumber kesalahan yang mempengaruhi kualitas data, pada umumnya disebabkan oleh hal-hal berikut ini:

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

Selain kekurangan tersebut, masih terdapat lagi kesalahan yang berupa ketidakpangghahan data (*inconsistency*). Data yang tidak konsistensi ini dapat terjadi karena beberapa hal, misalnya:

- a. Alat diganti dengan alat yang berspesifikasi lain,
- b. Perubahan lingkungan yang mendadak,
- c. Lokasi dipindahkan.

2.3.2. Data Hujan yang Hilang

Untuk keperluan analisis hujan daerah diperlukan data yang lengkap dari masing-masing stasiun. Seringkali pada suatu daerah DAS atau WS ada pencatatan data hujan yang tidak lengkap atau hilang datanya. Jika ini terjadi, maka data hujan yang hilang tersebut

harus dilengkapi lebih dahulu. Untuk melengkapi data hujan yang hilang biasa dilakukan jika (Limantara, 2010, p.45):

1. Di sekitarnya ada stasiun penakar (minimal 2) yang lengkap datanya;
2. Stasiun penakar yang datanya hilang diketahui hujan rata-rata tahunannya.

Berikut ini diberikan 2 cara untuk melakukan koreksi data yaitu (Triatmodjo, 2010:39):

- **Metode Perbandingan Normal (*Normal Ratio method*)**

Data yang hilang diperkirakan dengan rumus berikut:

$$\frac{P_x}{N_x} = \frac{1}{n} \left(\frac{P_1}{N_1} + \frac{P_2}{N_2} + \frac{P_3}{N_3} + \dots + \frac{P_n}{N_n} \right) \dots\dots\dots (2-1)$$

dengan:

P_x = hujan yang hilang di stasiun x,

P_1, P_2, P_3, P_n = data hujan di stasiun sekitarnya pada periode yang sama,

N_x = hujan tahunan di stasiun x,

N_1, N_2, \dots, N_n = hujan tahunan di stasiun sekitar x.

- ***Reciprocal method***

Cara ini memperhitungkan jarak antar stasiun (L_i), yaitu:

$$P_x = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{P_i}{L_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{L_i^2}} \dots\dots\dots (2-2)$$

dengan:

P_x = hujan yang hilang di stasiun x,

P_i = data hujan di stasiun sekitarnya pada periode yang sama,

L_i = jarak antara stasiun hujan i dengan stasiun hujan x

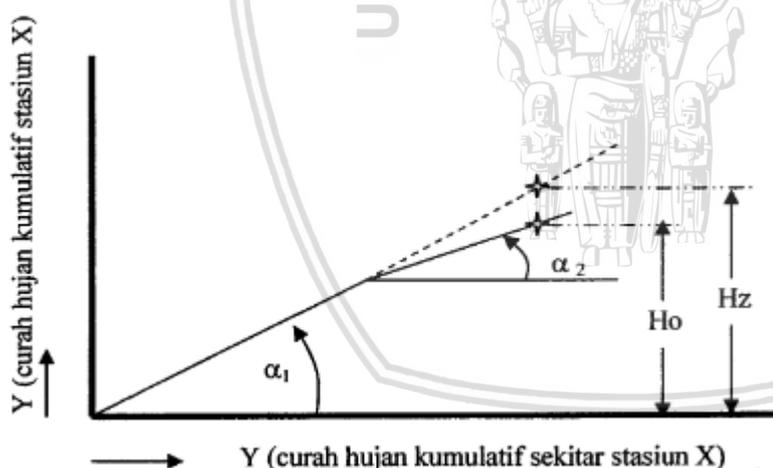
2.3.3. Uji Konsistensi Data

Uji konsistensi berarti menguji kebenaran data lapangan yang tidak dipengaruhi oleh kesalahan pada saat pengiriman atau saat pengukuran, data tersebut harus benar benar menggambarkan fenomena hidrologi seperti keadaan sebenarnya di lapangan (harus konsisten) (Soewarno, 1995, p.23)

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode lengkung massa ganda yang bertujuan untuk mengetahui dimana letak ketidakkonsistenan suatu data yang ditunjukkan oleh penyimpangan garisnya dari garis lurus. Jika terjadi penyimpangan, maka data hujan dari stasiun yang diuji harus dikoreksi sesuai perbedaan kemiringan garisnya.

Kurva massa ganda adalah metode grafis untuk alat identifikasi untuk menguji konsistensi dan kesamaan jenis data hidrologi dari suatu pos hidrologi (Soewarno, 1995, p.28). Analisa terhadap konsistensi data hujan yaitu dengan cara membuat garis lurus pada diagram pencar dan melakukan analisa menentukan apakah ada perubahan slope atau tidak pada garis lurus yang dibuat pada diagram pencar. Jika terjadi perubahan *slope*, maka pada titik setelah mengalami perubahan perlu adanya koreksi terhadap pencatatan data hujan dengan cara mengalikan dengan koefisien (K) yang dihitung berdasarkan perbandingan *slope* setelah mengalami perubahan (S_2). Ketidakpangghaan seperti ini biasanya terjadi karena berbagai sebab, yaitu:

1. Alat ukur yang diganti spesifikasi yang berbeda atau alat yang sama akan tetapi dipasang dengan patokan aturan yang berbeda.
2. Alat ukur dipindahkan dari tempat semula, tetapi secara administratif nama stasiun tersebut tidak diubah, misalnya karena masih dalam satu desa yang sama.
3. Alat ukur sama, tempat tidak dipindahkan akan tetapi lingkungan berubah, misalnya semula dipasang ditempat ideal menjadi berubah karena ada bangunan atau pohon besar.



Gambar 2.1. Analisis Kurva Massa Ganda
 Sumber: Soemarto (1987, p.39)

$$H_z = F_k * H_0 \dots\dots\dots(2-3)$$

$$F_k = \frac{\text{Tan } \alpha_1}{\text{Tan } \alpha_2} \dots\dots\dots(2-4)$$

dengan:

- H_z = data hujan yang perlu diperbaiki,
- H_0 = data hujan hasil pengamatan,
- F_k = Faktor koreksi,

Tan α_1 = kemiringan garis sebelum ada perubahan,

Tan α_2 = kemiringan garis sesudah ada perubahan,

2.3.3.1. 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.

➤ Uji Korelasi Peringkat (Metode Spearman)

Langkah – langkah yang dilakukan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

1. H_0 : data tidak mempunyai trend
2. H_1 : data mempunyai trend
3. α : 0,05
4. Statistik Uji

$$KP = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (dt)^2}{n^3 - n} \dots\dots\dots (2-5)$$

$$t = KP \left[\frac{n-2}{1-KP^2} \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (2-6)$$

dengan :

KP = koefisien korelasi peringkat Spearman

N = jumlah data

dt = selisih R_t dengan T_t

T_t = peringkat dari waktu

R_t = peringkat dari variabel hidrologi dalam deret berkala

t = nilai hitung uji t

➤ Uji Mann dan Whitney

Langkah – langkah yang dilakukan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

1. Gabungkan kedua kelompok data A dan B
2. Buat peringkat rangkaian data dari nilai terkecil sampai yang terbesar
3. Hitung jumlah peringkat rangkaian data tiap kelompok
4. Statistik uji

$$U_1 = N_1 \cdot N_2 + \frac{N_1}{2} (N_1 + 1) - R_m \dots\dots\dots(2-7)$$

$$U_2 = N_1 \cdot N_2 - U_1 \dots\dots\dots(2-8)$$

dengan:

U_1, U_2 = parameter statistik

N_1 = jumlah data kelompok A

N_2 = jumlah data kelompok B

R_m = jumlah nilai peringkat dari rangkaian data kelompok A

5. Pilih nilai U_1 atau U_2 , yang nilainya lebih kecil sebagai nilai U.

6. Hitung uji Mann dan Whitney sebagai nilai Z:

$$Z = \frac{U - \frac{N_1 \cdot N_2}{2}}{\left(\frac{1}{12} (N_1 \cdot N_2 (N_1 + N_2 + 1))\right)^{\frac{1}{2}}} \dots\dots\dots(2-9)$$

7. Keputusan:

H_0 : data tidak mempunyai trend

H_1 : data mempunyai trend

Bila nilai $-Z_c < Z < Z_c$ maka hipotesis nol (H_0) dapat diterima, sedangkan bila sebaliknya maka hipotesis nol (H_0) ditolak.

➤ **Uji Tanda (Metode Cox dan Stuart)**

Langkah – langkah yang dilakukan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

1. Nilai data dibagi menjadi 3 bagian yang sama. Apabila sampel acak tidak dapat menjadi 3 bagian yang sama maka bagian yang kedua jumlahnya dikurangi 2 atau 1 buah.

2. Membandingkan nilai bagian ke 3 dan ke 1. Untuk nilai yang plus diberi tanda (+) dan untuk nilai yang minus diberi tanda (-). Jumlah total nilai (+) disebut S.

3. Untuk nilai Z:

Untuk sampel besar $n \geq 30$

$$Z = \frac{S - \frac{n}{6}}{\left(\frac{n}{12}\right)^{\frac{1}{2}}} \dots\dots\dots(2-10)$$

Untuk sampel kecil $n < 30$

$$Z = \frac{S - \frac{n}{6} - 0,5}{\left(\frac{n}{12}\right)^{\frac{1}{2}}} \dots\dots\dots(2-11)$$

dengan:

S = jumlah nilai (+)



4. Keputusan:

H_0 : data tidak mempunyai trend

H_1 : data mempunyai trend

Dengan uji satu sisi nilai $-Z_c < Z < Z_c$ maka hipotesis nol (H_0) dapat diterima, sedangkan bila sebaliknya maka hipotesis nol (H_0) ditolak untuk derajat kepercayaan tertentu (5%).

Tabel 2.1
Nilai Derajat Kepercayaan (Z_c)

Derajat Kepercayaan (α)	0,1	0,05	0,01	0,015	0,002
Uji Satu Sisi	-1,28	-1,645	-2,33	-2,58	-2,88
	atau 1,28	atau 1,645	atau 2,33	atau 2,58	atau 2,88
Uji Dua Sisi	-1,645	-1,96	-2,58	-2,81	-3,08
	atau 1,645	atau 1,96	atau 2,58	atau 2,81	atau 3,08

Sumber: Soewarno (1995, p.11)

2.3.3.2. Uji Stasioner

Hipotesis statistik dirumuskan untuk dapat dengan mudah menolak atau menerima dugaan yang dibuat. Pengujian hipotesis dapat dilakukan dengan dua cara yaitu pengujian dua sisi dan pengujian satu sisi. Beberapa uji statistik metode parametrik yang sering digunakan untuk analisa hidrologi antara lain (Soewarno, 1995, p.7):

- Uji Distribusi Normal
- Uji-T (*Tee-test*), t
- Uji-Chi Kuadrat
- Uji-F (*Alf-test*), F

Dalam studi ini, uji statistik yang digunakan adalah Uji T dan Uji F karena data yang digunakan tidak begitu banyak sehingga menggunakan metode tersebut.

➤ 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, p.18). Uji t termasuk jenis uji untuk sampel kecil. Ukuran sampel kecil ($n < 30$). Uji t dilakukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$t = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sigma \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}} \dots \dots \dots (2-12)$$

dengan:

t = variabel -t

\bar{X}_1 = rata-rata hitung sampel ke-1

\bar{X}_2 = rata-rata hitung sampel ke-2

N_1 = jumlah sampel set ke-1

N_2 = jumlah sampel set ke-2

$$\sigma = \sqrt{\frac{N_1 S_1^2 + N_2 S_2^2}{N_1 + N_2 - 2}} \dots\dots\dots(2-13)$$

dengan:

S_1^2, S_2^2 = varian sampel set ke-1 dan ke-2

$d_k = N_1 + N_2 - 2$ = derajat kebebasan

Apabila t terhitung lebih besar dari nilai kritis (t_c), pada derajat kepercayaan tertentu, maka kedua sampel yang diuji tidak berasal dari populasi yang sama. Artinya data dari kedua pos hujan mempunyai perbedaan yang nyata sehingga keberadaan dari pos hujan masing-masing diperlukan untuk kedua lokasi tersebut.

Sedangkan apabila t terhitung lebih kecil dari nilai kritis (t_c), maka kedua sampel berasal dari populasi yang sama. Artinya data dari kedua pos hujan tersebut tidak mempunyai perbedaan yang nyata sehingga keberadaan salah satu pos tersebut sebenarnya diperlukan atau hanya diperlukan satu pos hujan saja untuk mewakili daerah tersebut.

➤ **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. Ada beberapa anggapan dalam analisis varian yaitu (Soewarno, 1995, p.58):

- Populasi yang diuji mempunyai distribusi normal.
- Populasi yang diuji mempunyai nilai varian yang sama.
- Selain nilai populasi dianggap mempunyai distribusi normal, maka dalam analisis varian dimisalkan bahwa populasi bersifat sama jenis (homogen).

Uji Analisa Variansi pada dasarnya adalah menghitung nilai *F score*. Kemudian nilai *F score* ini dibandingkan dengan nilai F kritis (F_{cr}) dari tabel F. Besarnya F berupa nisbah (*ratio*). Karena itu ada dua parameter derajat bebas yaitu n_1 (derajat bebas pembilang) dan n_2 (derajat bebas penyebut). Nilai F_{cr} dapat diperoleh dari Tabel F (lihat Lampiran) untuk berbagai *Level of Significant* (α), dengan menggunakan



kedua parameter bebas n_1 dan n_2 tersebut. Langkah – langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Membuat Hipotesis, dengan: H_0 : tidak ada perbedaan

H_1 : terdapat perbedaan

Menolak hipotesis H_0 sama dengan menerima hipotesis H_1

2. Derajat kepercayaan (α) : 5% (0,05)

3. Kestabilan varian :

$$F = \frac{N_1 \cdot S_1^2 (N_2 - 1)}{N_2 \cdot S_2^2 (N_1 - 1)} \dots\dots\dots (2-14)$$

dengan :

F = nilai hitung uji F

N_1 = jumlah data kelompok 1

N_2 = jumlah data kelompok 2

S_1 = standar deviasi data kelompok 1

S_2 = standar deviasi data kelompok 2

2.3.3.3. 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. Persistensi diartikan sebagai ketidaktergantungan dari setiap nilai dalam deret berkala. Uji persistensi dapat dilakukan dengan menghitung korelasi serial, misalnya dengan Metode Spearman. Langkah – langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. H_0 : Data acak
2. H_1 : Data tidak acak
3. α : 0,05
4. Statistik Uji :

$$KS = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (di)^2}{m^3 - m} \dots\dots\dots (2-15)$$

$$t = KS \left[\frac{m-2}{1-KS^2} \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (2-16)$$

dengan :

KS = koefisien korelasi serial Spearman

m = jumlah data

di = selisih antara peringkat ke X_i dan X_{i-1}

t = nilai hitung uji t

Dengan derajat bebas $dk = m - 2$

2.3.3.4. Uji *Inlier-Outlier*

Uji ini digunakan untuk mengetahui apakah data maksimum dan minimum dari rangkaian data yang ada layak digunakan atau tidak. Uji yang digunakan adalah uji *inlier-outlier*, dimana data yang menyimpang dari dua batas ambang, yaitu ambang bawah (X_L) dan ambang atas (X_H) akan dihilangkan. Rumus untuk mencari kedua ambang tersebut adalah sebagai berikut (U.S. Water Resources Council, 1981, p.17):

$$Y_H = \bar{X} + kn \cdot S \dots\dots\dots(2-17)$$

$$Y_L = \bar{X} - kn \cdot S \dots\dots\dots(2-18)$$

$$X_H = 10^{Y_H} \dots\dots\dots(2-19)$$

$$X_L = 10^{Y_L} \dots\dots\dots(2-20)$$

dengan:

X_H = nilai ambang atas

X_L = nilai ambang bawah

\bar{X} = nilai rata-rata

S = simpangan baku dari terhadap sampel data

Kn = besaran yang tergantung pada jumlah sampel data (dapat dilihat pada Tabel 2.2)

Tabel 2.2
Nilai K_n untuk Uji *Outlier*

Jumlah Data	K_n						
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.468	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.681	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.717	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.618	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Sumber: Van Te Chow (1998, p.404)

2.3.4. Metode 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.

Pada metode Thiessen dianggap bahwa data curah hujan dari suatu tempat pengamatan dapat dipakai untuk daerah pengaliran di sekitar tempat itu. Metode perhitungan dengan membuat poligon yang memotong tegak lurus pada tengah-tengah garis penghubung dua stasiun hujan. Dengan demikian tiap stasiun penakar R_n akan terletak pada suatu wilayah poligon tertutup A_n . Diasumsikan bahwa variasi hujan antara pos yang satu dengan yang lainnya adalah linier dan bahwa sembarang pos dianggap mewakili kawasan terdekat.

Perbandingan luas poligon untuk setiap stasiun yang besarnya A_n/A . Thiessen memberi rumusan sebagai berikut:

$$R = \frac{A_1 \cdot R_1 + A_2 \cdot R_2 + \dots + A_n \cdot R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2-21)$$

dengan:

R = Curah hujan daerah rata-rata

R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan di tiap titik pos Curah hujan

A_1, A_2, \dots, A_n = Luas daerah Thiessen yang mewakili titik pos curah hujan

n = Jumlah pos curah hujan

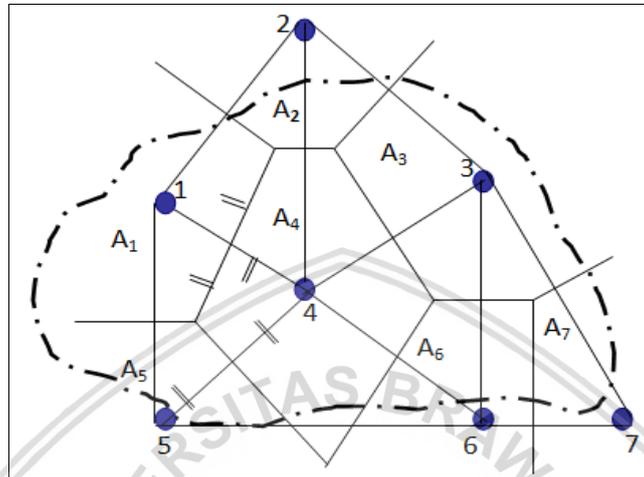
Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Stasiun-stasiun hujan terdekat dihubungkan sehingga satu sama lain terbentuk beberapa segitiga.
2. Dari setiap segitiga ditarik sumbu yang tepat di tengah sisinya dan memotong tegak lurus.
3. Daerah pengaruh hujan masing-masing stasiun hujan dibatasi sumbu segitiga yang membentuk segi banyak. Segi banyak ini yang disebut poligon Thiessen.
4. Tiap-tiap segi banyak Thiessen tersebut dihitung luasnya sehingga terdapat luas daerah pengaruh tiap-tiap stasiun hujan.
5. Prosentase luas pengaruh tiap stasiun total didapat dari luas daerah stasiun tersebut dibagi luas total DAS.
6. Curah hujan maksimum daerah tahunan tiap stasiun didapat dari hasil perkalian prosentase luas daerah dengan curah hujan.

Untuk mendapatkan curah hujan maksimum daerah pada suatu daerah aliran adalah sebagai berikut:

- a. Mencari data hujan maksimum salah satu pos hujan pada tahun tertentu,

- b. Pada tanggal dan tahun tersebut dicari data hujan untuk pos yang lain,
- c. Data hujan tersebut dikalikan dengan koefisien Thiessen kemudian dijumlahkan,
- d. Dari hasil penjumlahan curah hujan harian maksimum tersebut pilih yang tertinggi.
- e. Dicari curah hujan harian daerah maksimum tahunan untuk tahun yang lain dengan cara yang sama seperti diatas.



Gambar 2.2. Metode poligon Thiessen
Sumber: Soemarto (1986:32)

2.4. Analisa Kerapatan Jaringan Stasiun Penakar Hujan

Data hujan yang diperoleh dari stasiun penakar hujan merupakan data hujan lokal yang hanya mewakili pengukuran hujan untuk luas daerah tertentu. Sehingga untuk menentukan besarnya curah hujan suatu DAS diperlukan beberapa stasiun penakar hujan yang tersebar di dalam DAS yang bersangkutan dengan kerapatan dan pola penyebaran yang memadai.

Dalam pemilihan jumlah lokasi stasiun penakar hujan pada suatu DAS untuk kepentingan analisis hidrologi yang dapat memberikan hasil dengan ketelitian semaksimal mungkin sesuai dengan yang dikehendaki, terdapat dua pendapat yang berbeda, yaitu (Harto, 1986, p.12):

1. Penempatan stasiun hujan yang terbagi merata dengan pola tertentu akan menghasilkan perkiraan hujan yang lebih baik dibandingkan dengan penempatan stasiun hujan secara rambang.
2. Stasiun hujan dapat ditempatkan sedemikian rupa, sehingga di bagian daerah dengan variasi hujan tinggi mempunyai kerapatan yang lebih tinggi dibandingkan, dengan daerah lain yang variasi hujannya rendah.

Penelitian yang berkaitan dengan penentuan jumlah dan pola penyebaran stasiun hujan yang memadai untuk analisis hidrologi pada suatu DAS telah banyak dilakukan dengan berbagai cara. Tetapi semuanya perlu mendapatkan pengujian lebih lanjut untuk digunakan

dan diterapkan di Indonesia. Karena masing-masing cara membutuhkan tuntutan kuantitas dan kualitas data yang berbeda dan harus disesuaikan dengan daerah dimana penelitian tersebut dilakukan.

2.4.1. Standar WMO (World Meteorological Organization)

Pada umumnya daerah hujan yang terjadi lebih luas dibandingkan dengan daerah hujan yang diwakili oleh stasiun penakar hujan atau sebaliknya, maka dengan memperhatikan pertimbangan ekonomi, topografi dan lain-lain harus ditempatkan stasiun hujan dengan kerapatan optimal yang bisa memberikan data dengan baik untuk analisis selanjutnya. Untuk tujuan ini, Badan Meteorologi Dunia atau WMO (*World Meteorological Organization*) menyarankan kerapatan minimum jaringan stasiun hujan sebagai berikut (Linsley, 1986, p.67):

Tabel 2.3.

Kerapatan Minimum yang Direkomendasikan WMO

No.	Tipe	Luas Daerah (km ²) per Satu Pos Hujan	
		Kondisi Normal	Kondisi Sulit
1	Daerah dataran tropis mediteran dan sedang	1000 – 3000 (600 – 900)	3000 – 9000
2	Daerah pegunungan tropis mediteran dan sedang	300 – 1000 (100 – 250)	1000 – 5000
3	Daerah kepulauan kecil bergunung dengan curah hujan bervariasi	140 – 300 (25)	
4	Daerah arid dan kutub	5000 – 20000 (1500 – 10000)	

Sumber: Linsley (1986, p.67)

2.4.2. Metode Kriging

Kriging adalah metode geostatistika yang menggunakan nilai yang sudah diketahui dan semivariogram untuk memprediksi nilai pada lokasi lain yang belum diukur. Dengan kriging, nilai prediksi tidak sama dengan data asal, seperti pada pendekatan poligon Thiessen, tetapi bervariasi bergantung pada kedekatan terhadap lokasi data asal.

Metode Kriging merupakan cara perkiraan yang dikembangkan oleh Matheron (1965) yang pada dasarnya ditekankan bahwa interpolasi data dari satu titik terukur ke titik lain dalam suatu region (DAS) tidak hanya ditentukan oleh jarak antara titik terukur tersebut dengan titik yang dicari, akan tetapi ditentukan oleh tiga faktor, yaitu (Harto, 1993, p.63):

1. Jarak antara titik yang dicari dengan titik terukur
2. Jarak antara titik-titik terukur
3. Struktur variabel yang dimaksudkan

Struktur variabel yang dimaksudkan dalam butir 3 di atas dapat dikenali dari variogram data terukur sehingga bobot yang diberikan kepada masing-masing titik terukur ditetapkan sesuai dengan variabilitas fenomenanya.

• **Persamaan Umum Metode Kriging**

Untuk memperkirakan nilai rata-rata pada suatu wilayah tertentu, ditetapkan nilai rata-rata dari sejumlah n data sebagai berikut:

$$Z_0^* = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \dots\dots\dots (2-22)$$

dengan:

Z_0^* = rata-rata dihitung (*computed*)

λ_i = bobot

$Z(x_i)$ = nilai 'z' pada titik x yang ditinjau

Bobot λ harus sedemikian rupa sehingga estimator Z_0 :

1. Tidak bias (*unbiased*)
2. Optimal (dengan *mean squared error minimum*) atau:

$$\sum(Z_0^* - Z_0) = 0 \dots\dots\dots (2-23)$$

Selanjutnya, kesalahan estimasi dapat dihitung sebagai:

$$Z_0^* - Z_0 = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) - Z_0 \dots\dots\dots (2-24)$$

Estimasi error variansi:

$$\sigma_k^2 = E[Z^*(x_0) - Z(x_0)]^2 = \sum_{j=1}^n \lambda_j \gamma(x_0, x_j) + \mu \dots\dots\dots (2-25)$$

Estimasi error variansi σ_k^2 sangat bergantung pada jumlah dan lokasi dari lokasi-lokasi yang diamati. Oleh sebab itu σ_k^2 , adalah alat yang efisien untuk penyelesaian permasalahan optimasi jaringan, dan perlu ditekankan juga bahwa σ_k^2 bukanlah error estimasi ruang nyata, tetapi error pemodelan.

• **Semivariogram**

Semivariogram menunjukkan bobot (*weight*) yang digunakan dalam interpolasi. Interpolasi kriging merupakan sampel semivariogram dengan jarak (h), beda nilai (Z), dan jumlah sampel data (n). Ada dua jenis metode kriging yaitu, *Ordinary Kriging* dan *Universal Kriging*. Dalam studi ini akan menggunakan *Ordinary Kriging* yang mempunyai beberapa persamaan dasar semivariogram diantaranya adalah *Spherical*, *Circular*, *Exponential*, *Linear* dan *Gaussian*. Dalam metode kriging, fungsi semivariogram sangat menentukan. Oleh sebab itu, semivariogram data perlu diketahui terlebih dahulu.

Persamaan umum semivariogram adalah sebagai berikut (Suharjo, 2005):

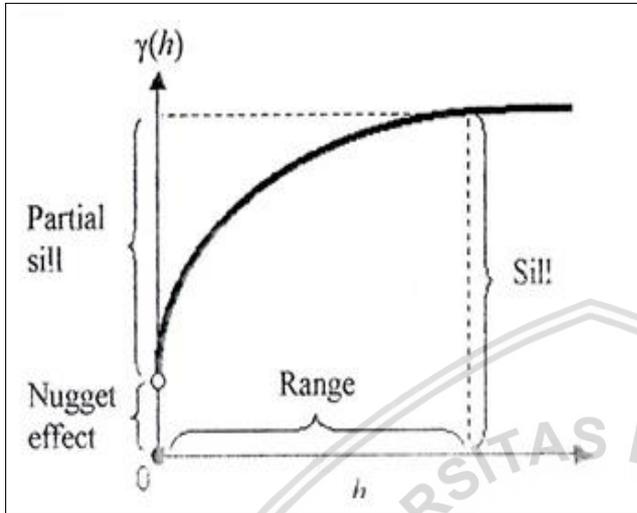
$$\gamma(h) = \frac{1}{2} n \sum_{i=1}^n (z(x_i + h) - z(x_i))^2 \dots\dots\dots (2-26)$$

dengan:

$z(x_i)$ = nilai 'z' pada titik x yang ditinjau

h = jarak antar titik

$z(x_i+h)$ = nilai 'z' pada jarak h dari titik x yang ditinjau



Gambar 2.3. Bentuk umum semivariogram

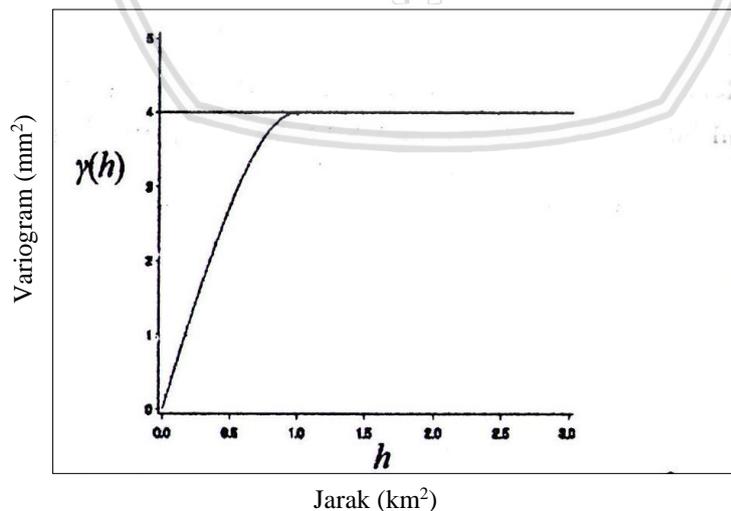
Sumber: www.wikipedia.com

Dalam pemakaian sehari-hari, istilah semi-variogram sering disamakan (meskipun tidak benar) sebagai variogram, dengan pengertian yang sama. Dalam studi ini akan menggunakan tiga persamaan yaitu *spherical*, *exponential*, dan *Gaussian*.

1. Model *spherical* dapat disajikan dalam persamaan:

$$\gamma(h) = C[(3h/2\alpha) - h^3/2\alpha^3] \quad \rightarrow \quad h < \alpha \quad \dots \dots \dots (2-27)$$

$$\text{Atau } = C \quad \rightarrow \quad h < \alpha \quad \dots \dots \dots (2-28)$$

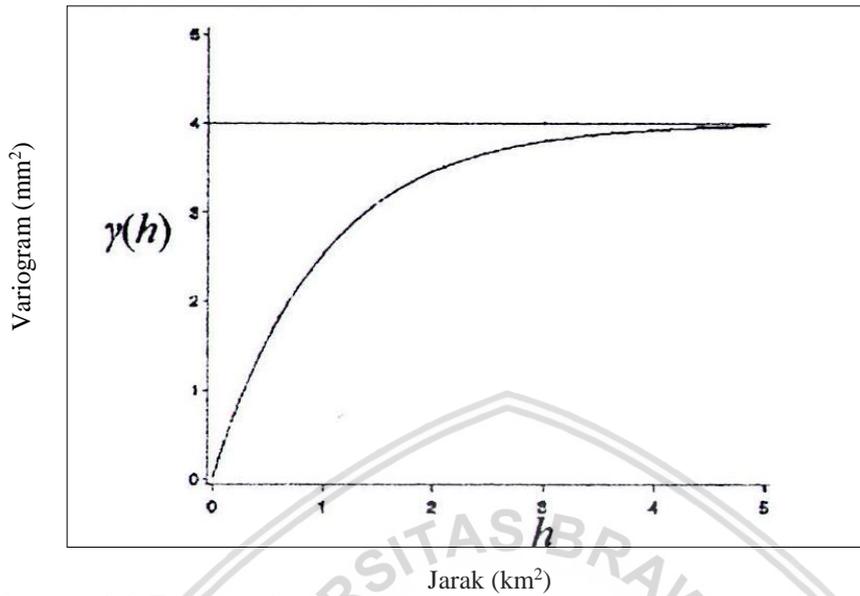


Gambar 2.4. Model Spherical

Sumber: www.wikipedia.com

2. Model *exponential* disajikan dalam persamaan:

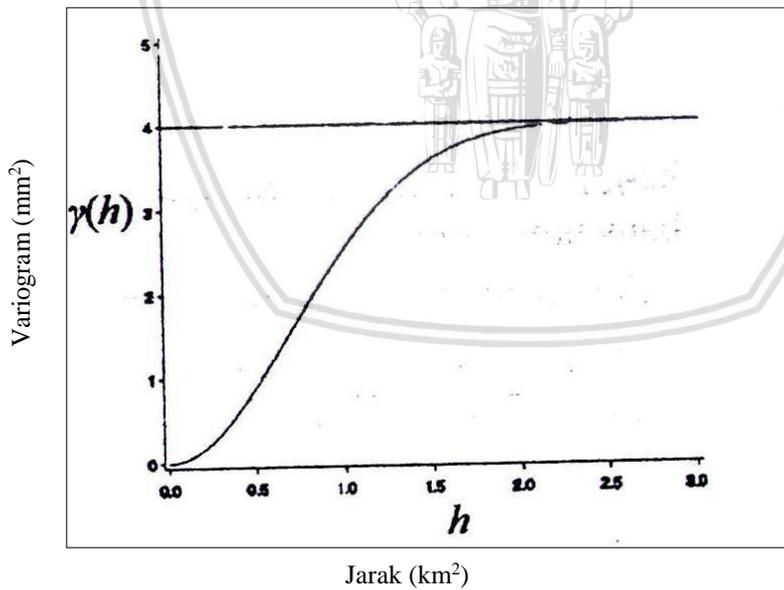
$$\gamma(h) = C \left[1 - e^{-h/r} \right] \dots \dots \dots (2-29)$$



Gambar 2.5. Model *Exponential*
 Sumber: www.wikipedia.com

3. Model *gaussian* dapat disajikan dalam persamaan:

$$\gamma(h) = C \left(1 - e^{-h^2/r^2} \right) \dots \dots \dots (2-30)$$



Gambar 2.6. Model *Gaussian*
 Sumber: www.wikipedia.com

Apabila nilai h sama dengan 0, (atau pengukuran pada dua titik yang sama) maka pasti nilai semivariogram = 0. Namun, bila nilai h makin besar, maka nilai semivariogram pun akan semakin besar. Akan tetapi, apabila jaraknya sudah sedemikian jauh, maka dapat

dipahami bahwa hampir tidak ada lagi ketergantungan antara dua titik pengukuran, yang berarti makin besar nilai h di atas jarak ini, nilai semivariogram menjadi tetap. Jarak di mana dua pengukuran sudah tidak saling tergantung satu dengan lainnya disebut range (α). Nilai semivariogram dimana jarak α tersebut tercapai, atau pada saat nilai semivariogram menjadi tetap disebut sill (c).

Untuk mempelajari sifat semivariogram hujan diperhatikan pula beberapa hasil evaluasi yang telah dilakukan sebelumnya, baik yang menyangkut kerapatan jaringan pengukur hujan, berbagai pengaruh pola penyebaran lokasi stasiun hujan, maupun korelasi antar stasiun hujan. Untuk keperluan tersebut ditempuh beberapa langkah pendekatan sebagai berikut (Harto, 1993, p.66):

1. Evaluasi hanya dilakukan terhadap data hujan bulanan, mengingat keadaan hujan tropik yang sangat tidak teratur (*spatial distribution*). Apabila data hujan harian yang digunakan, maka variogram yang akan diperoleh diperkirakan akan sangat sulit untuk dianalisis, karena penyebaran yang sangat luas.
2. Penetapan jarak antar stasiun terukur dilakukan dengan tiga cara, yaitu:
 - a. Jarak diukur tanpa memperhatikan orientasi arah,
 - b. Jarak diukur dengan orientasi arah utara selatan,
 - c. Jarak diukur dengan orientasi arah timur barat.
3. Memperhatikan korelasi antar stasiun yang sangat rendah untuk variasi jarak yang sangat pendek, maka jarak antar stasiun dalam variogram hendaknya dibatasi.

- **Cross Validation**

Sebelum model interpolasi digunakan, perlu diketahui terlebih dahulu seberapa akuratkah model yang akan digunakan. Salah satu cara untuk menguji keakuratan suatu model adalah dengan menggunakan validasi silang (*cross validation*). Metode ini menggunakan seluruh data untuk mendapatkan suatu model. Kemudian secara bergantian satu per satu data dihilangkan, dan kemudian data diprediksi dengan menggunakan model tersebut. Dari hasil prediksi dapat ditentukan galat prediksi yang diperoleh dari selisih antara nilai sesungguhnya dengan hasil prediksi.

$$e_i = Z(x_i) - Z^*(x_i) \dots\dots\dots (2-31)$$

dengan:

e_i = galat (*error*)

$Z(x_i)$ = nilai sesungguhnya pada lokasi ke- i

$Z^*(x_i)$ = prediksi nilai pada lokasi ke- i

Beberapa ukuran yang dapat digunakan untuk membandingkan keakuratan model adalah:

1. *Root Mean Square Error (RMSE)*

Ukuran ini paling sering digunakan untuk membandingkan akurasi antara 2 atau lebih model dalam analisis spasial. Semakin kecil nilai RMSE suatu model menandakan semakin akurat model tersebut.

$$RMSE = \sqrt{\frac{SSE}{n}} \dots\dots\dots(2-32)$$

$$SSE = \sum_{i=1}^n e_i^2 \dots\dots\dots(2-33)$$

2. *Mean Absolute Error (MAE)*

Ukuran ini mengindikasikan seberapa jauh penyimpangan prediksi dari nilai sesungguhnya. Semakin kecil nilai MAE suatu model interpolasi spasial, semakin kecil penyimpangan prediksi dari nilai sesungguhnya.

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |e_i|}{n} \dots\dots\dots(2-34)$$

- **Kesalahan Relatif**

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 prosentase perbedaan curah hujan rerata daerah yang diperoleh berdasarkan jaringan Kriging dengan besarnya curah hujan rerata daerah berdasarkan jaringan yang tersedia.

Penentuan kesalahan relatif curah hujan rerata daerah dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$Kr = \left(\frac{X_a - X_b}{X_a} \right) \times 100 \dots\dots\dots(2-35)$$

dengan:

Kr = kesalahan relatif curah hujan rerata daerah (%)

X_a = curah hujan rerata daerah berdasarkan jaringan pos hujan eksisting (mm)

X_b = curah hujan rerata daerah berdasarkan metode Kriging (mm)

2.5. **Sistem Informasi Geografis (*Geographical Information System*)**

Menurut Aronoff 1989, Sistem Informasi Geografis adalah sistem yang berbasis komputer yang digunakan untuk menyimpan dan memanipulasi informasi-informasi geografi. SIG dirancang untuk mengumpulkan, menyimpan dan menganalisa obyek-obyek dan fenomena dimana lokasi geografi merupakan karakteristik yang penting atau kritis untuk dianalisa. Dengan demikian, SIG merupakan sistem komputer yang memiliki empat

kemampuan dalam menangani data yang bereferensi geografis yaitu masukan, manajemen data (penyimpanan dan pemanggilan data), analisa dan manipulasi data, serta keluaran. Sedangkan menurut ESRI : 1990, SIG adalah kumpulan yang terorganisir dari perangkat keras komputer, perangkat lunak, data geografi dan personil yang dirancang secara efisien untuk memperoleh, menyimpan, mengupdate, memanipulasi, menganalisa dan menampilkan semua bentuk informasi yang bereferensi geografi (Prahasta, 2002, p.55).

Sistem informasi geografis menawarkan suatu sistem yang mengintegrasikan data yang bersifat keruangan (spasial/geografis) dengan data tekstual yang merupakan deskripsi menyeluruh tentang obyek dan keterkaitannya dengan obyek lain. Dengan sistem ini data dapat dikelola, dilakukan manipulasi untuk keperluan analisa secara komprehensif dan sekaligus menampilkan hasilnya dalam berbagai format baik dalam bentuk peta maupun berupa tabel atau laporan (*report*).

Keunikan SIG jika dibandingkan dengan sistem pengolahan basis data yang lain adalah kemampuannya untuk menyajikan informasi spasial maupun non-spasial secara bersamaan. Sebagai contoh penggunaan lahan dapat disajikan dalam bentuk batas-batas yang masing-masing mempunyai atribut penjelasan dalam bentuk tulisan maupun angka. Informasi yang berlainan tema umumnya disajikan dalam *layer* (lapisan) informasi yang berbeda, sebagai contoh akan terdapat *layer* informasi jalan, ketinggian, bangunan dan sebagainya.

Adapun kegunaan SIG adalah:

1. Teknologi SIG menggabungkan data spasial lain dalam satu sistem, dimana sistem ini menawarkan suatu kerangka yang konsisten untuk analisa geografi.
2. Dengan menggabungkan peta dan informasi spasial yang lain dalam bentuk digital, SIG bisa digunakan untuk manipulasi dan penampilan yang terbaru dari pengetahuan SIG.
3. SIG menghubungkan antara aktivitas-aktivitas berdasarkan kedekatan geografi.

SIG digunakan sebagai alat bantu dalam menganalisa penyebaran pos hujan di WS Rokan. Koordinat yang didapat dari data dinas setempat ditambah dengan hasil survey akan di *plot* sehingga memudahkan untuk membuat area pengaruh dari masing-masing pos hujan ataupun pos hidrologi. Secara khusus tahapan proses penggunaan SIG dalam studi ini adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan peta berdasarkan batas Wilayah Sungai, Daerah Aliran Sungai dan administrasi di lokasi pekerjaan.
2. Inputing data - data yang didapat selama pengumpulan data dan survei.

3. Analisa luas pengaruh pos hujan yang telah ada (eksisting) berdasarkan standar WMO (*World Meteorological Organization*).
4. Melakukan Analisa semivariogram dan pengelompokkan nilai semivariogram (Metode Kriging) berdasarkan pada jarak terjauh antar pos hujan. Sehingga untuk pemilihan lag dan banyaknya lag yang dipilih dalam pemodelan semivariogram adalah yang menghasilkan nilai perkalian sebesar setengah dari jarak terjauh antar pos.
5. Model semivariogram terpilih selanjutnya digunakan untuk membuat peta kontur galat baku prediksi (*prediction standart error map*). Pembuatan peta kontur ini bertujuan untuk mengetahui besar kesalahan distribusi kontur jaringan pos hujan pada kondisi eksisting.
6. Dari peta kontur tersebut, dapat dilihat bahwa pola penyebaran pos hujan mempengaruhi kesalahan distribusi kontur. Pada daerah dengan kerapatan pos hujan yang rendah memiliki kesalahan distribusi kontur yang tinggi. Sehingga perlu adanya rekomendasi pos hujan baru pada daerah tersebut dan lain sebagainya.
7. Hubungan antara jarak stasiun dengan korelasi dibuat dalam bentuk lengkung eksponensial mengikuti persamaan fungsi korelasi. Dari hasil persamaan yang dihasilkan dapat diperoleh besaran dan dengan pemadanan terhadap persamaan tersebut.
8. Pembuatan peta pos hujan sesuai dengan hasil rasionalisasi yang telah dilakukan.

2.5.1. Subsistem SIG

SIG dapat diuraikan menjadi 4 (empat) subsistem yaitu (Prahasta 2001, p.58):

1. *Data input* (pemasukkan data)

Subsistem data *input* berfungsi untuk mengumpulkan dan mempersiapkan data spasial dan atribut dari berbagai sumber yang relevan untuk kepentingan analisa. Subsistem ini mengkonversi atau mentransformasikan dari format data aslinya kedalam format digital yang sesuai dengan format SIG. Pemasukkan data dapat dilakukan dengan digitasi, dimana digitasi adalah proses pengubahan data grafis analog menjadi data grafis digital, dalam struktur vektor. Hasil suatu proses digitasi adalah himpunan segmen maupun poligon.

2. *Data Management* (manajemen data)

Subsistem manajemen data berfungsi untuk mengorganisasikan data spasial maupun atribut ke dalam basis data sedemikian rupa sehingga mudah dipanggil, di *update*, dan di *edit*. Basis data adalah himpunan dari beberapa berkas data atau tabel yang disimpan dengan suatu struktur tertentu, sehingga saling keterkaitan yang ada di antara anggota-anggota himpunan tersebut dapat diketahui, dimunculkan dan dimanipulasi oleh perangkat lunak manajemen basis data untuk keperluan tertentu. SIG adalah manajemen

basis data spasial yang mampu memadukan informasi dalam bentuk tabel dengan informasi spasial berupa peta-peta dengan tingkat otomatisasi yang tinggi.

3. *Data Manipulation and Analysis* (Manipulasi data dan analisis)

Subsistem ini berfungsi untuk menentukan informasi-informasi yang dapat dihasilkan oleh SIG, selain itu subsistem ini juga melakukan manipulasi dan pemodelan data untuk keperluan informasi yang diharapkan.

4. *Data Output* (keluaran data)

Keluaran data dari SIG adalah seperangkat prosedur yang digunakan untuk menampilkan informasi dari SIG dalam bentuk yang disesuaikan dengan keinginan pengguna. Subsistem data *output* berfungsi untuk menampilkan atau menghasilkan keluaran seluruh atau sebagian basis data baik dalam bentuk *softcopy* maupun dalam bentuk *hardcopy* seperti tabel, grafik, peta, dan lain-lain.

Apabila subsistem-subsistem SIG diperjelas berdasarkan uraian jenis masukan, proses, dan jenis keluaran yang ada didalamnya maka subsistem SIG dapat digambarkan sebagai berikut:

2.5.2. Model Data SIG

Secara umum, terdapat dua jenis data yang dapat digunakan untuk mempresentasikan atau memodelkan fenomena-fenomena yang terdapat di dunia nyata. Yang pertama adalah jenis data yang mempresentasikan aspek-aspek keruangan dari fenomena yang bersangkutan. Jenis data ini sering disebut sebagai data posisi koordinat, ruang, atau disebut data spasial. Sedangkan yang kedua adalah jenis data yang mempresentasikan aspek-aspek deskriptif dari fenomena yang dimodelkannya. Aspek deskriptif ini mencakup items atau properties dari fenomena yang bersangkutan hingga dimensi waktunya. Jenis data ini sering disebut sebagai data atribut atau data non-spasial.

1. Data Spasial

Data spasial dari segi penyimpanan data dibagi menjadi dua yaitu data vektor dan data raster. Kedua sistem tersebut merupakan fungsi posisi yang menunjukkan salah satu karakteristik dari data geografi. Tetapi masing-masing sistem mempunyai kelebihan dan kekurangan sendiri-sendiri. Tidak ada satupun model data yang dapat memenuhi semua kebutuhan representasi dan analisis data spasial secara sempurna.

Pada sistem vektor, fenomena geografi disajikan dalam tiga konsep topologi, yaitu titik (*point*), garis (*line*), dan poligon (*polygon*). Fenomena geografi tersebut disimpan dalam bentuk pasangan koordinat (x,y), sehingga letak titik, garis dan area dihubungkan dengan

data atribut menggunakan pengenalan (*identify user-id*) terlebih dahulu. Resolusi dari data vektor tergantung dari jumlah titik yang membentuk garis.

Pada sistem raster, fenomena geografi disimpan dalam bentuk rangkaian bujursangkar atau *pixel (grid/raster)* yang sesuai dengan kenampakan. Setiap pixel mempunyai referensi pada kolom baris yang berisi satu nilai yang mewakili satu fenomena geografi. Pada sistem ini titik dinyatakan dalam bentuk grid atau sel tunggal, garis dinyatakan dengan beberapa sel yang mempunyai arah dan poligon dinyatakan dalam beberapa sel. Resolusi dari data raster ditentukan oleh ukuran *grid-cell*.

2. Data Atribut

Data atribut merupakan keterangan dari data geografi baik disimpan secara vektor (*vector encoding*) maupun raster (*raster encoding*). Deskripsi data-data atribut tersebut berupa keterangan-keterangan pada bagian-bagian fenomena geografi dengan cara pemberian kode.

2.5.3. Komponen SIG

SIG merupakan sistem yang kompleks yang terdiri dari beberapa komponen seperti di bawah ini (Prahasta, 2001, p.60) :

1. Perangkat Keras (*Hardware*)

SIG tersedia untuk beberapa *platform* perangkat keras mulai PC *desktop*, *workstation*, hingga *multiuser host*. Adapun perangkat keras yang sering digunakan untuk SIG adalah komputer (PC), *mouse*, *digitizer*, *pointer*, *plotter* dan *scanner*.

2. Perangkat Lunak (*Software*)

SIG merupakan sistem perangkat lunak yang tersusun secara modular dimana basis data memegang peranan kunci. Setiap subsistem (*data input*, *data output*, *data management*, *data manipulasi* dan *analisis*) diimplementasikan dengan menggunakan beberapa modul.

3. Data dan Informasi Geografi (Basis data)

SIG dapat mengumpulkan dan menyimpan data dan informasi yang diperlukan baik secara langsung dengan cara mengimport-nya dari perangkat-perangkat lunak SIG yang lain maupun secara langsung dengan cara mendigitasi data spasialnya dari peta dan memasukkan data atributnya dari tabel-tabel dengan menggunakan *keyboard*.

4. Manajemen (Sumber Daya Manusia/*Brainware*)

Suatu proyek SIG akan berhasil jika dimanajemen dengan baik dan dikerjakan oleh orang-orang yang memiliki keahlian yang tepat pada semua tingkatan.

2.5.4. Pengolahan Data dengan SIG

2.5.4.1. Pemasukan Data

Pemasukkan data geografis dalam SIG berupa data grafis, yaitu peta batas sub DAS, peta tataguna lahan, peta topografi, peta jenis tanah, peta kemiringan lereng, dan peta jaringan sungai. Pemasukkan data dilakukan dengan cara proses digitasi. Digitasi dilakukan dengan cara menelusuri delienasi yang dibuat pada peta *analog* sehingga seluruhnya dipindahkan kedalam komputer dengan perantara meja digitizer. Proses digitasi dilakukan dengan memanfaatkan fasilitas ADS (*Arc Digitize System*) dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menentukan titik-titik kontrol dengan maksud agar koordinat pada peta dapat dipindahkan pada sistem koordinat yang memiliki *digitizer*. Pada studi ini digunakan sistem koordinat UTM (*Universal Transverse Mercator*).
2. Digitasi dilakukan dengan menelusuri kenampakkan dipeta yang berupa titik, garis dan area dengan alat penelusur pada meja *digitizer*. Setiap kenampakkan diberikan kode/ID yang berbeda. Perbedaan kode/ID ini diberikan untuk mempermudah pemanggilan salah satu penampakkan/obyek. Setelah proses ini selesai, setiap kenampakkan di peta disimpan dalam bentuk segmen.

2.5.4.2. Manipulasi dan Analisis Data

Satuan pemetaan harus ditentukan nilainya (*score*) agar dapat dipadukan dengan peta yang lain untuk tujuan analisis. Kemampuan SIG dapat juga dikenali dari fungsi-fungsi analisis yang dapat dilakukannya. Secara umum terdapat dua jenis fungsi analisis dalam SIG yang meliputi fungsi analisis spasial dan fungsi analisis atribut (basis data atribut).

Fungsi analisis data atribut terdiri dari operasi dasar sistem pengelolaan basis data/*Database Management System* (DBMS) dan perluasannya meliputi:

1. Operasi dasar basis data yang mencakup:
 - Membuat basis data baru (*create database*)
 - Menghapus basis data (*drop database*)
 - Membuat tabel basis data (*create table*)
 - Menghapus tabel basis data (*drop table*)
 - Mengisi dan menyisipkan data (*record*) kedalam tabel (*insert*)
 - Membaca dan mencari data (*field* atau *record*) dari tabel basis data (*seek, find, search, retrieve*)
 - Mengubah atau mengedit data yang ada didalam tabel basis data (*update edit*)
 - Membuat indeks untuk setiap basis data

2. Perluasan operasi basis data:

- Membaca dan menulis basis data kedalam basis data yang lain (export/import)
- Dapat berkomunikasi dengan sistem basis data yang lain (misalnya dengan menggunakan *driver ODBC*)
- Dapat menggunakan bahasa basis data standar SQL (*Structure Query Language*)
- Operasi-operasi atau fungsi analisis lain yang rutin digunakan dalam sistem basis data.

Fungsi analisis spasial dari SIG terdiri dari:

1. Klasifikasi (*reclassify*): fungsi ini mengklasifikasikan atau mengklasifikasi kembali suatu data spasial/atribut menjadi data spasial yang baru dengan menggunakan kriteria tertentu.
2. Jaringan (*network*): fungsi ini menunjuk kepada data-data spasial yang berupa titik-titik atau garis-garis sebagai suatu jaringan yang tidak terpisahkan.
3. Tumpang susun (*overlay*): fungsi ini menghasilkan data spasial baru dari minimal dua data spasial yang menjadi masukannya.
4. *Buffering*: fungsi ini akan menghasilkan data spasial baru yang berbentuk poligon atau zone dengan jarak tertentu dari data spasial yang menjadi masukannya.
5. *3D analysis*: fungsi ini terdiri dari sub-sub fungsi yang berhubungan dengan presentasi data spasial dalam ruang tiga dimensi.
6. *Digital Image Processing*: fungsi ini dimiliki oleh SIG yang berbasiskan raster.

2.5.5. Keluaran Data

Keluaran data dari SIG adalah seperangkat prosedur yang digunakan untuk menampilkan informasi dari SIG dalam bentuk yang disesuaikan dengan pengguna. Keluaran data terdiri dari tiga bentuk yaitu cetakan, tayangan, dan data digital. Subsystem data *output* berfungsi untuk menampilkan atau menghasilkan keluaran seluruh atau sebagian basis data baik dalam bentuk *softcopy* maupun dalam bentuk *hardcopy* seperti tabel, grafik, peta, dan lain-lain.

Bentuk cetakan dapat berupa peta maupun tabel yang dicetak dengan media kertas, filem atau media lain. Bentuk tayangan berupa tampilan gambar dimonitor komputer. Keluaran data dalam bentuk data digital berupa file yang dibaca oleh komputer yang lain ataupun untuk menghasilkan cetakan lain ditempat. Keluaran data pada studi ini berupa peta-peta tematik yang meliputi struktur data dalam format vektor dan raster/grid. Peta-peta tematik tersebut dicetak dengan menggunakan printer.

SIG menyimpan semua informasi deskriptif unsur-unsurnya sebagai atribut-atribut di dalam basis data. Kemudian SIG membentuk dan menyimpannya dalam tabel-tabel (relasional). Setelah itu, SIG menghubungkan unsur-unsur di atas dengan tabel-tabel yang bersangkutan. Dengan demikian, atribut-atribut ini dapat diakses melalui lokasi-lokasi unsur-unsur peta, dan sebaliknya, unsur-unsur peta juga dapat diakses melalui atribut-atributnya.





(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Gambaran Umum

Wilayah Sungai Rokan yang selanjutnya disebut WS Rokan dengan luas kurang lebih 22.325 km² adalah suatu Wilayah Sungai yang berhulu di rangkaian Bukit Barisan yang memanjang pada sisi barat Pulau Sumatera, mengalir ke arah timur dan bermuara pada pantai timur Pulau Sumatera, di Selat Malaka. WS Rokan merupakan WS lintas provinsi, WS Rokan berada di wilayah Provinsi Sumatera Barat, Provinsi Sumatera Utara dan Provinsi Riau. Kewenangan pengelolaannya berada di Pemerintah Pusat, sesuai Keputusan Presiden Nomor 12 Tahun 2012 tentang Penetapan Wilayah Sungai. Secara geografis WS Rokan terletak antara 99.622 BT – 101.809 BT serta 0.068 LU – 2.307 LU, dengan, Kode WS: 01.23.A2. Lokasi dari WS Rokan sebagaimana terlihat pada Gambar 3.1.

Secara fisiografis wilayah WS Rokan merupakan daerah yang beragam berupa dataran rendah dan wilayah lainnya merupakan dataran tinggi yang berbentuk bukit-bukit. Secara topografi daerah WS Rokan terdiri dari daratan dan perairan yang beriklim tropis basah, hujan turun antara bulan Oktober sampai Maret setiap tahunnya.

Sebagian daerah WS Rokan dapat dikembangkan sebagai sumber Ekonomi bagi masyarakat dan juga sebagai alat transportasi, disamping itu juga memiliki banyak pulau kecil yang memiliki keindahan eksotis yang dapat dikelola menjadi kawasan wisata dan pengembangan aneka ragam hayati yang dapat diusahakan dan dikelola menjadi lumbung devisa. Dengan kondisi seperti tersebut di atas, menjadikan WS Rokan kaya akan sumber daya alam hingga tidak berlebihan pula bila WS Rokan merupakan tempat yang menarik bagi para pialang investasi untuk menanamkan modalnya di daerah ini.

WS Rokan juga memiliki keindahan alam yang dapat diperbaharukan menjadi kawasan wisata maupun objek wisata, hal ini didukung pula akan budaya yang unik dari berbagai kelompok etnis yang tinggal di daerah ini. Sejak dulu daerah WS Rokan memang sudah dikenal bahkan salah satu daerah tujuan wisata tahunan oleh masyarakat.

Sesuai dengan Permen PUPR No. 04 tahun 2015 tentang Kriteria dan Penetapan Wilayah Sungai, Pasal 4, ayat (1) pengelolaan sumber daya air untuk air permukaan dilakukan oleh Pemerintah Pusat, Pemerintah daerah provinsi dan Pemerintah daerah Kabupaten / kota berdasarkan wilayah sungai sedangkan Rencana tata pengaturan air dan tata pengairan berdasarkan Permen PUPR no.10 tahun 2015 tentang Rencana Dan Rencana Teknis Tata Pengaturan Air adalah berupa Pola pengelolaan sumber daya air, dimana pada pasal 3 ayat (2) Pola pengelolaan sumber daya air merupakan kerangka dasar dalam merencanakan, melaksanakan, memantau dan mengevaluasi kegiatan konservasi sumber daya air, pendayagunaan sumber daya air dan pengendalian daya rusak air pada Wilayah Sungai, dan pada pasal 3 ayat (3) disebutkan bahwa Rencana Pengelolaan sumber daya air adalah merupakan rencana teknis tata pengaturan air dan tata pengairan.

Tabel 3.1.

Daftar DAS Pada WS Rokan

No	Luas Das	Km ²
1	DAS Rokan	1915
2	DAS Paritaman	194
3	DAS Rajab	2094
4	DAS Senaboi	239
5	DAS Bagan Timur	166
6	DAS Tanjung Penyebal	204
7	DAS Sentaluhu	124
8	DAS Geniyut	22
9	DAS Buluhala	237
10	DAS Teras	65
11	DAS Mampu	235
12	DAS Masigit	483
13	DAS Dumai	480
14	DAS Guntung	428
15	DAS Pelentung	211
Total		22.325

Sumber: Pola WS Rokan Tahun 2013

WS Rokan masuk dalam 3 (tiga) wilayah administrasi Pemerintahan Daerah Provinsi, Provins Riau, Provinsi Sumatera Barat dan Provinsi Sumatera Utara. Data luas wilayah administrasi pemerintahan di WS Rokan, tertera pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2.
Wilayah Administrasi Pemerintahan di WS Rokan

Provinsi/ Kabupaten	Luas Km ²	Prosentase Dalam WS
Provinsi Riau	16.828	74.95%
<i>Kab. Bengkalis</i>	1.347	6.00%
<i>Kab. Kampar</i>	78	0.35%
<i>Kab. Rokan Hilir</i>	6.472	28.82%
<i>Kab. Rokan Hulu</i>	6.359	28.32%
<i>Kab. Siak</i>	332	1.48%
<i>Kota Dumai</i>	2.24	9.98%
Provinsi Sumatera Barat	2.179	9.71%
<i>Kab. Pasaman</i>	2.179	9.71%
Provinsi Sumatera Utara	3.446	15.35%
<i>Kab. Labuhan Batu Selatan</i>	623	20.77%
<i>Kab. Mandailing Nata</i>	218	0.97%
<i>Kab. Padang Lawas</i>	2.06	9.18%
<i>Kab Padang Lawas Uta</i>	545	2%
Total	22.325	100%

Sumber: Pola WS Rokan Tahun 2013

3.2. Tata Ruang Wilayah Sungai Rokan

Untuk menyelamatkan kelestarian lingkungan, kawasan lindung di WS Rokan masih mencapai 6.018 km² atau 26,80% dari luas WS, sehingga perlu penyelamatan kawasan lindung yang sudah ada, dan menambahkan kuantitas luas serta kualitas fungsi sebagai kawasan lindung. Untuk itu diperlukan penataan ruang, yang dituangkan dalam bentuk Penetapan Peraturan Daerah Kabupaten/Kota dan Pemerintah Provinsi tentang tata ruang.

Dengan penetapan Peraturan Daerah itulah alih fungsi lahan, penyusutan kawasan lindung dapat secara aspek legal dilindungi. Peraturan Daerah tersebut dalam proses menuju penetapan Peraturan Daerah Kabupaten/Kota. Luas kawasan lindung perkabupaten/kota dan kawasan budidaya perkabupaten/kota dapat dilihat pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3.3.
 Luas Kawasan Lindung per Kabupaten/Kota

Provinsi/Kabupaten	Kawasan Lindung 6018 Km ² = 26.80%												
	Luas (Km ²)	Prosentase	Cagar Alam	Hutan Bakau	Hutan Kemasyarakatan	Hutan Lindung	Hutan Rakyat	Hutan Resapan Air	Hutan Rempah	Lindung Sempadan Sungai	Lindung Sempadan Pantai	Suaka Margasatwa	Taman Wisata Alam
Provinsi Riau	16828	74,95%	72	317	40	1214	14	993	1395	27	94	50	40
Kab. Bengkalis	1347	6,00%	0	0	0	11	0	0	125	0	0	50	0
Kab. Kampar	78	0,35%	0	0	0	4	0	14	0	0	0	0	0
Kab. Rokan Hilir	6472	28,82%	72	207	0	515	0	0	723	25	53	0	0
Kab. Rokan Hulu	6359	28,32%	0	0	40	684	14	979	69	0	41	0	0
Kab. Siak	333	1,48%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kota Dumai	2240	9,98%	0	110	0	0	0	0	478	2	0	0	40
Provinsi Sumatera Barat	2179	9,71%	0	0	0	188	0	718	0	0	0	0	0
Kab. Pasaman	2179	9,71%	0	0	0	188	0	718	0	0	0	0	0
Provinsi Sumatera Utara	3446	15,35%	0	0	0	452	0	401	0	0	0	0	0
Kab. Labuhan Batu Selatan	623	2,77%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kab. Mandailing Natal	218	0,97%	0	0	0	0	0	211	0	0	0	0	0
Kab. Padang Lawas	2060	9,18%	0	0	0	424	0	190	0	0	0	0	0
Kab. Padang Lawas Utara	545	2,43%	0	0	0	29	0	0	0	0	0	0	0
Total	22454	100,00%	72	317	40	1854	14	2113	1395	27	94	50	40

Sumber: Pola WS Rokan Tahun 2013

Tabel 3.4.
 Kawasan Budidaya per Kabupaten/Kota

No	Provinsi/Kabupaten	Kawasan Lindung 16436 Km ² = 73%													
		Administrasi		Litbang		Hutan		Perkebunan		Perkebunan		Tanaman		Tanaman	
	Luas (Km ²)	Prosentase	Gambut	Produksi Tetap	Produksi	Rakyat	Tanaman	Transmigrasi	Permukiman	Lahan Basah	Lahan Basah	Perkampungan	Kawasan Industri	Pariwisata	
1	Provinsi Riau	12570	55,98%	2	0	2213	1430	4053	994	1701	1377	608	8	12	169
1,1	Kab. Bengkalis	1160	5,16%	2	0	320	27	336	0	221	46	208	0	0	0
1,2	Kab. Kampar	61	0,27%	0	0	0	7	53	0	0	0	0	0	0	0
1,3	Kab. Rokan Hilir	4877	21,72%	0	0	800	615	1780	272	744	409	100	4	12	141
1,4	Kab. Rokan Hulu	4530	20,18%	0	0	679	717	1158	722	662	473	91	0	0	28
1,5	Kab. Siak	333	1,48%	0	0	333	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,6	Kota Dumai	1611	7,17%	0	0	86	65	726	0	74	448	209	4	0	0
2	Provinsi Sumatera Barat	1273	5,67%	0	0	0	0	212	0	629	417	16	0	0	0
2,1	Kab. Pasaman	1273	5,67%	0	0	0	0	212	0	629	417	16	0	0	0
3	Provinsi Sumatera Utara	2593	11,55%	0	313	1142	0	808	0	346	484	4	0	0	0
3,1	Kab. Labuhan Batu Selatan	623	2,77%	0	0	187	0	133	0	137	166	0	0	0	0
3,2	Kab. Mandailing Natal	7	0,03%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3,3	Kab. Padang Lawas	1447	6,44%	0	313	508	0	87	0	189	256	4	0	0	0
3,4	Kab. Padang Lawas Utara	517	2,30%	0	0	351	0	83	0	21	63	0	0	0	0
	Total	16486	73,20%	2	313	3359	1430	4567	994	2676	2278	628	8	12	360

Sumber: Pola WS Rokan Tahun 2013

3.3. Topografi

Keadaan topografi di WS Rokan pada umumnya adalah dataran rendah, kondisi ini tersebar hampir di seluruh wilayah dari sebagian daerah hulu hingga bagian hilir. Sedangkan di daerah hulu terutama di daerah Sumatera Barat, Kabupaten Pasaman terbentang perbukitan yang cukup terjal.

Secara Topografi WS Rokan terdiri dari daratan dan perairan yang beriklim tropis basah, hujan turun antara bulan Oktober sampai Maret setiap tahunnya. Sebagian besar wilayah merupakan daerah dataran rendah, yaitu daerah endapan sungai, gambut, daerah sebagian kecil wilayah lainnya merupakan dataran tinggi berbentuk bukit-bukit. Lebih lengkapnya mengenai keadaan topografi dapat dilihat pada Gambar 3.2.

3.4. Lahan Kritis

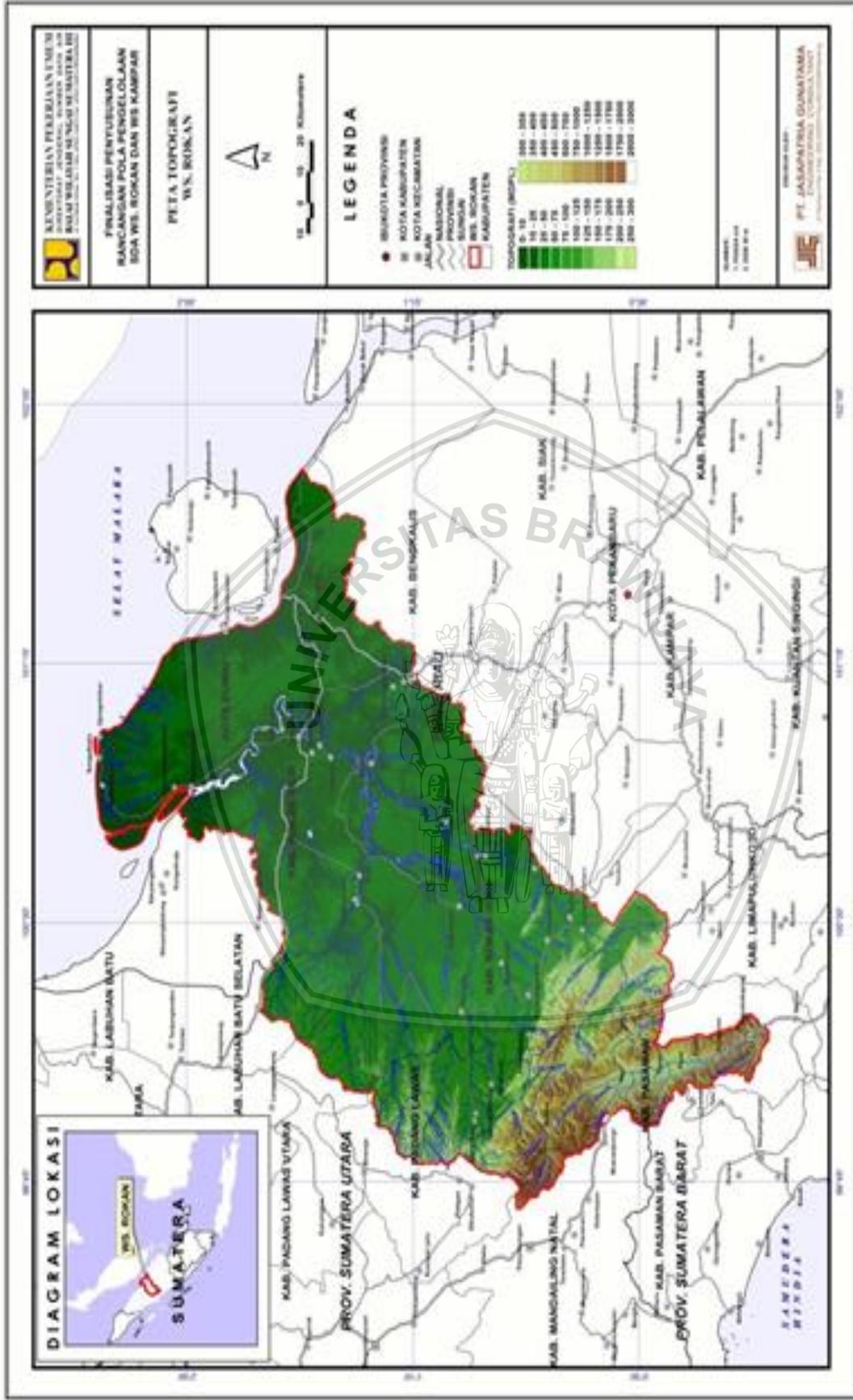
Dari luas WS Rokan 22.454 km², kondisi lahan tidak kritis seluas 1.221 km² atau 5% saja. 95% selebihnya dalam kondisi kritis dalam berbagai katagori, selengkapnya luas lahan kritis per Kabupaten/Kota tertera pada Tabel 2.6. Luas lahan kritis dikawasan hulu sungai, di Kabupaten Pasaman, Kabupaten Rokan hulu, Kabupaten Labuhan Batu, Kabupaten Mandailing Natal, Kabupaten Padang Lawas dan Kabupaten Padang Lawas Utara, seluruhnya mencapai luas 11.984 km², merupakan kawasan penyangga keselarasan air. Lokasi dari Kabupaten tersebut tertera pada peta wilayah administrasi di Gambar 3.3.

Tabel 3.5.

Luas Lahan Kritis per Kabupaten/Kota

No	Provinsi/ Kabupaten	Administrasi		Kondisi Lahan Kritis (Km ²)				
		Luas (Km ²)	Prosentase	Tidak Kritis	Potensial Kritis	Agak Kritis	Kritis	Sangat Kritis
1	Provinsi Riau	16828	74,95%	1075	2567	12301	788	97
1,1	Kab. Bengkalis	1347	6,00%	21	54	1238	32	2
1,2	Kab. Kampar	78	0,35%	0	5	68	4	0
1,3	Kab. Rokan Hilir	6472	28,82%	262	1171	4875	103	62
1,4	Kab. Rokan Hulu	6359	28,32%	734	1071	3888	634	31
1,5	Kab. Siak	333	1,48%	0	0	333	0	0
1,6	Kota Dumai	2240	9,98%	59	267	1899	15	1
2	Provinsi Sumatera Barat	2179	9,71%	114	679	941	344	101
2,1	Kab. Pasaman	2179	9,71%	114	679	941	344	101
3	Provinsi Sumatera Utara	3446	15,35%	33	158	1687	1392	177
3,1	Kab. Labuhan Batu Selatan	623	2,77%	0	58	261	304	0
3,2	Kab. Mandailing Natal	218	0,97%	0	11	201	7	0
3,3	Kab. Padang Lawas	2060	9,18%	25	81	1180	604	170
3,4	Kab. Padang Lawas Utara	545	2,43%	8	8	46	477	7
Total		22325	100,00%	1221	3404	14929	2524	375

Sumber: Pola WS Rokan Tahun 2013



Gambar 3.2. Peta Topografi Wilayah Sungai Rokan
Sumber: Pola WS Rokan Tahun 2013

3.5. Data Sumber Daya Air

Data sumber daya air yang selanjutnya disingkat SDA, bersifat dinamis karena merupakan bagian integral dari daur hidrologi. Pemanasan global yang menyebabkan mencairnya gletser dan salju abadi dipuncak puncak gunung, mempengaruhi proses daur hidrologi, dan iklim menjadi lebih sulit untuk diprediksikan. Perlu komitmen kuat untuk mencatat dengan tertib data hidrologi sumber daya air secara berkala dan berkesinambungan, sebab dari rangkaian data sumber daya air tersebut kita bisa mengkaji apa yang telah dan tengah terjadi, dan bisa lebih akurat dalam memperkirakan yang bakal terjadi.

3.6. Iklim

Wilayah Provinsi Riau beriklim tropis basah. Musim penghujan pada umumnya terjadi pada Bulan September hingga Bulan April. Bulan-bulan relatif kering dalam musim kemarau tidak berlangsung lama yaitu sekitar 3 (tiga) bulan antara Bulan Juni, Bulan Juli hingga Bulan Agustus. Menurut klasifikasi iklim Koppen, Provinsi Riau memiliki tipe iklim Af (tropika basah) yaitu tipe iklim dari hujan tropika basah dengan curah hujan tahunan 2.000-3.000 mm tanpa bulan kering yang nyata. Sedangkan menurut klasifikasi iklim Schmidt-Fergusson Provinsi Riau memiliki tipe iklim A (sangat basah). Ketersediaan data klimatologi WS Rokan dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6.

Ketersediaan Data Klimatologi WS Rokan

No	Stasiun	Tahun Ketersediaan
1	Bangun Jaya	2000 - 2010
2	Rambah Utama	2000 - 2010
3	Lubuk Bendahara	2000 - 2010

Sumber: Pola WS Rokan Tahun 2013

3.7. Pos Hidrologi Wilayah Sungai Rokan

Dalam kegiatan “Rasionalisasi Pos Hidrologi Wilayah Sungai Rokan dan Wilayah Sungai Kampar” ini diketahui jumlah pos hidrologi pada Wilayah Sungai Rokan sebagai berikut.

Tabel 3.7.
Pos Hidrologi WS Rokan

No	Nama Pos	Jenis Pos	Kabupaten
1	Duri	ARR / Pos Duga Hujan	Bengkalis
2	Kota Lama	ARR / Pos Duga Hujan	Rokan Hulu
3	Pasar Tangun	ARR / Pos Duga Hujan	Rokan Hulu
4	Pekan Tebih	ARR / Pos Duga Hujan	Rokan Hulu
5	Dalu-Dalu	ARR / Pos Duga Hujan	Rokan Hulu
6	Sedinginan	ARR / Pos Duga Hujan	Rokan Hilir
7	Bangko Jaya	ARR / Pos Duga Hujan	Rokan Hilir
8	Bagan Batu	ARR / Pos Duga Hujan	Rokan Hilir
9	Lubuk Bendahara	Pos Klimatologi	Rokan Hulu
10	Rambah Utama	Pos Klimatologi	Rokan Hulu
11	Bangun Jaya	Pos Klimatologi	Rokan Hulu
12	Dumai	Pos Klimatologi	Kota Dumai

Sumber: Pola WS Rokan Tahun 2013

Dari Tabel diatas, diketahui bahwa terdapat 12 pos hidrologi pada WS Rokan. Dan 12 pos tersebut tersebar dalam 4 Kabupaten/Kota yaitu Kabupaten Bengkalis, Kota Dumai, Kabupaten Rokan Hilir, dan Kabupaten Rokan Hulu.

3.8. Data-data yang Dibutuhkan

Dalam menganalisa suatu permasalahan diperlukan adanya berbagai data. Data-data yang diperlukan dapat digolongkan menjadi data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh dari hasil pengukuran atau pengamatan langsung. Sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh dari berbagai sumber yang dapat dipertanggung jawabkan kebenarannya. Berikut adalah data-data yang dibutuhkan :

1. Data Lokasi Administratif Pos Hujan dan Koordinat Pos Hujan

Data lokasi administratif pos hujan ini digunakan untuk pengeplotan pos hujan eksisting.

2. Peta Wilayah Sungai Rokan

Peta Wilayah Sungai Rokan digunakan untuk menentukan batas-batas daerah yang diairi oleh sungai Rokan.

3. Data Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian dari 12 pos hujan selama 11 tahun. Data ini digunakan untuk analisa hidrologi.

3.9. Langkah-Langkah Pengerjaan Studi

Langkah-langkah studi disusun secara sistematis sehingga mempermudah dalam penyelesaiannya. Berikut adalah langkah-langkah tahapan penyelesaian studi beserta diagram alir penyelesaian studi:

1. Pengujian Data Hujan

Pada tahapan ini metode yang digunakan adalah analisa kurva masa ganda. Data yang dibutuhkan adalah data curah hujan tahunan. Tujuannya adalah untuk menguji konsistensi dan homogenitas data hujan pada wilayah sungai Kampar sehingga dapat digunakan untuk analisa selanjutnya.

2. Analisa Curah Hujan Rerata Daerah

Pada tahapan ini metode yang digunakan adalah poligon Thiessen (menggunakan perangkat lunak *ArcGis 10.2.2*). Data yang dibutuhkan adalah curah hujan harian. Tujuannya adalah untuk mengetahui luas daerah pengaruh tiap pos hujan, serta menghitung curah hujan harian daerah maksimum tahunan

3. Analisa Statistik Data Hujan

Pada tahapan ini metode yang digunakan adalah Uji Ketiadaan Trend, Uji Stationer dan Uji Persistensi. Data yang digunakan adalah data curah hujan tahunan. Tujuannya adalah untuk menguji apakah sifat hujan dari dua pos yang berdekatan memiliki perbedaan yang nyata atau tidak.

4. Analisa Kerapatan Pos Hujan Eksisting

Data yang digunakan pada tahapan ini adalah luas daerah pengaruh tiap pos hujan hasil *Poligon Thiessen* (menggunakan perangkat lunak *ArcGIS 10.2.2*). Tujuannya adalah untuk mengetahui apakah pos hujan eksisting telah memenuhi Standar WMO atau tidak.

5. Analisa Kerapatan dan Pola Penyebaran Jaringan Pos Hujan

Pada tahapan ini menggunakan metode Kriging (menggunakan perangkat lunak *ArcGis 10.2.2*). Data yang digunakan adalah data curah hujan rerata tahunan tiap pos hujan. Tujuannya adalah untuk melakukan permodelan semivariogram (*spherical, exponential dan gaussian*), menghitung *cross validation* (nilai RMSE dan MAE), model semivariogram terpilih digunakan untuk membuat peta kontur galat baku prediksi (*prediction standart error map*), menentukan letak pos hujan rekomendasi.

6. Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah Hasil Metode Kriging

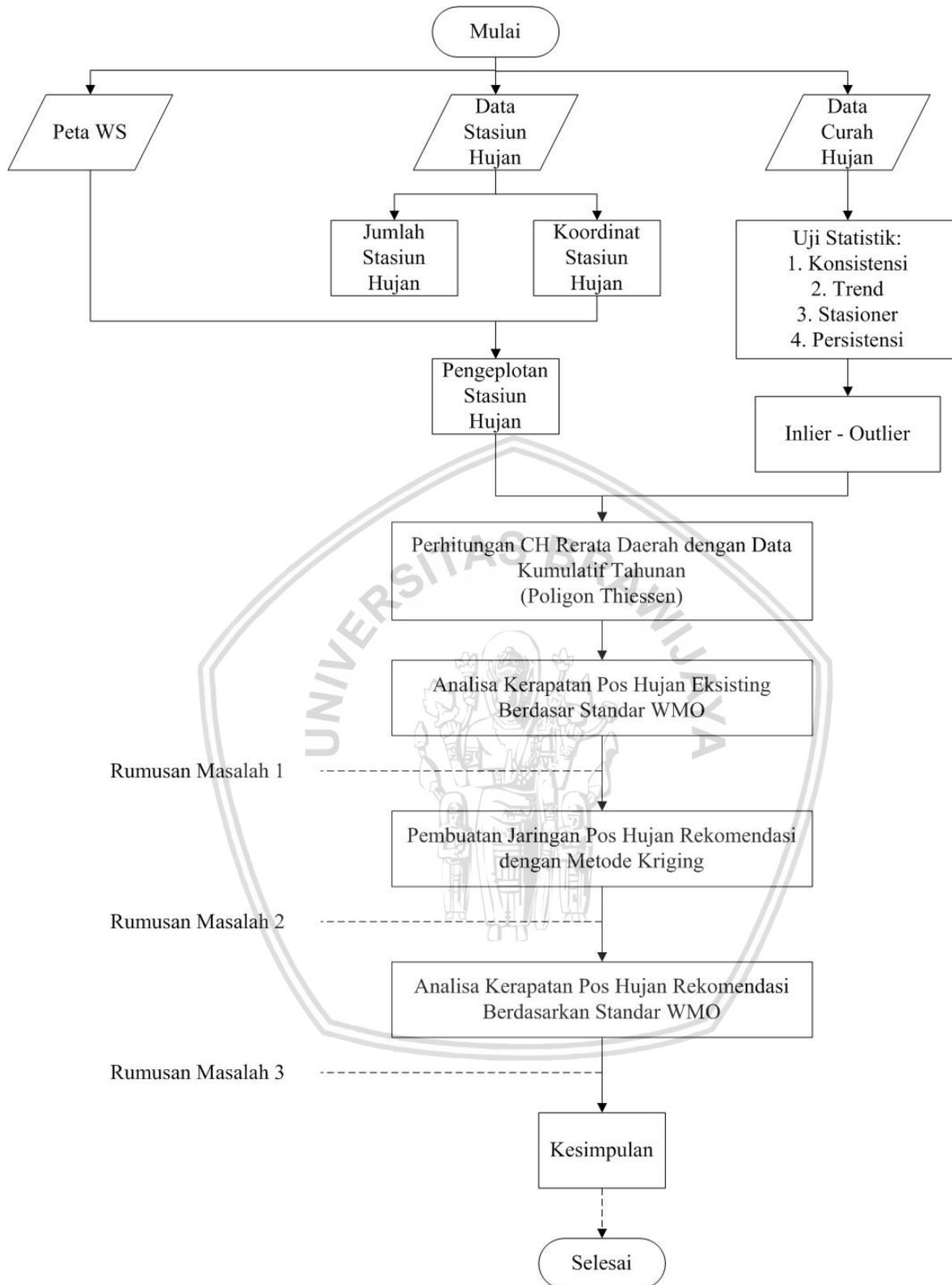
Pada tahapan ini metode yang digunakan adalah Poligon Thiessen (menggunakan perangkat lunak *ArcGIS 10.2.2*). Data yang digunakan adalah data curah hujan harian.

Tujuannya adalah untuk mengetahui luas daerah pengaruh tiap pos hujan rekomendasi Kriging, serta menghitung curah hujan harian daerah maksimum tahunan.

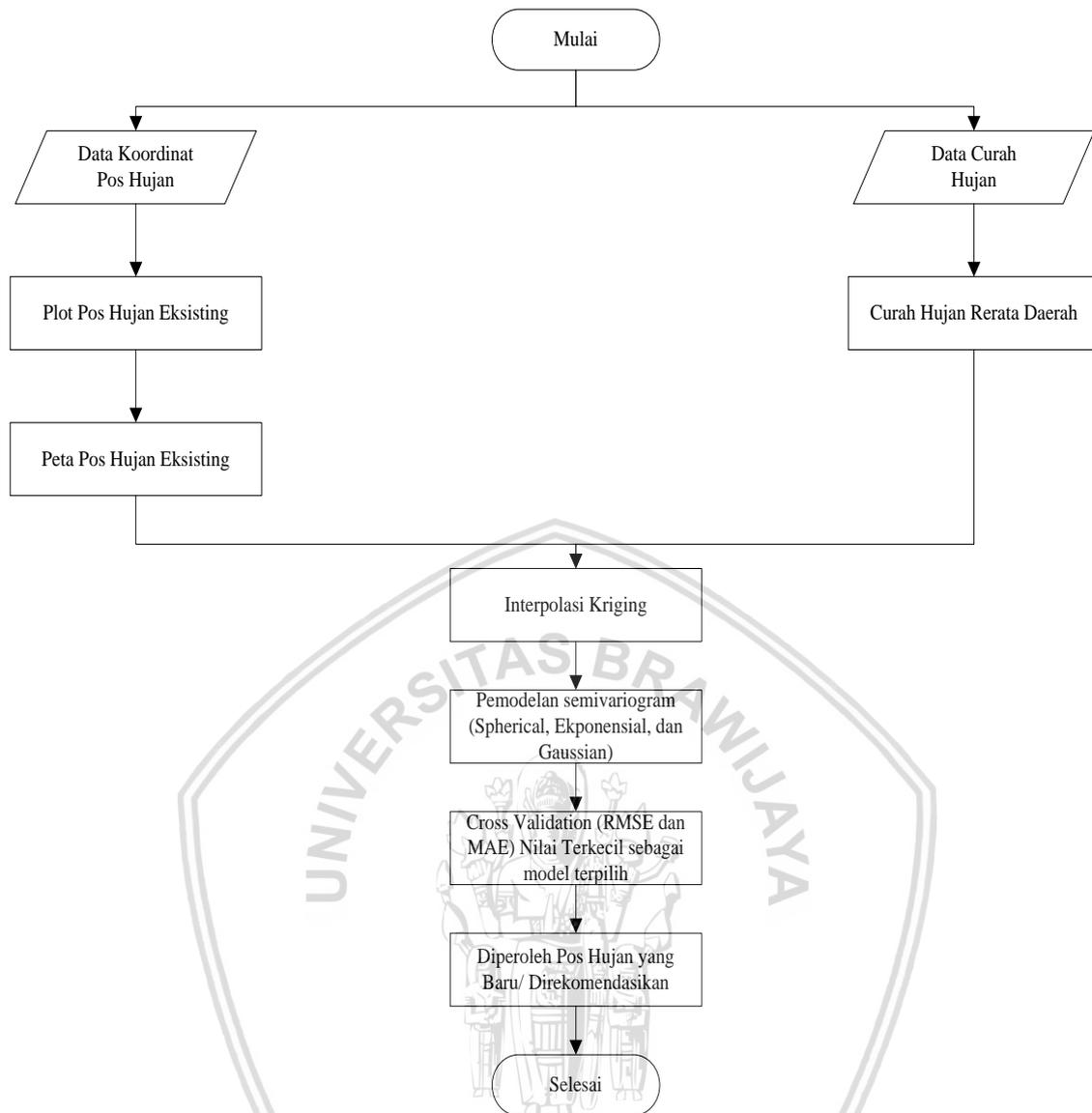
7. Perhitungan Kesalahan Relatif

Tahapan ini adalah membandingkan hasil curah hujan rerata daerah eksisting dan Metode Kriging. Data yang digunakan adalah curah hujan rerata daerah eksisting dan curah hujan rerata daerah metode Kriging. Tujuannya adalah untuk memperoleh keyakinan bahwa pos hujan rekomendasi hasil metode Kriging cukup mewakili dari jumlah pos hujan yang tersedia.





Gambar 3.4. Diagram Alir Penyelesaian Studi



Gambar 3.5. Diagram Alir Metode Kriging



(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Data Hujan

4.1.1. Kualitas Data

Dalam menyiapkan data perlu diperhatikan adanya kesulitan dalam akses data dan ketidaktepatan 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. Uji Konsistensi Data Hujan

Data curah hujan tahunan dari setiap stasiun akan diuji kepanjangannya (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 4.1

Uji Konsistensi Stasiun Hujan Pasar Tangun

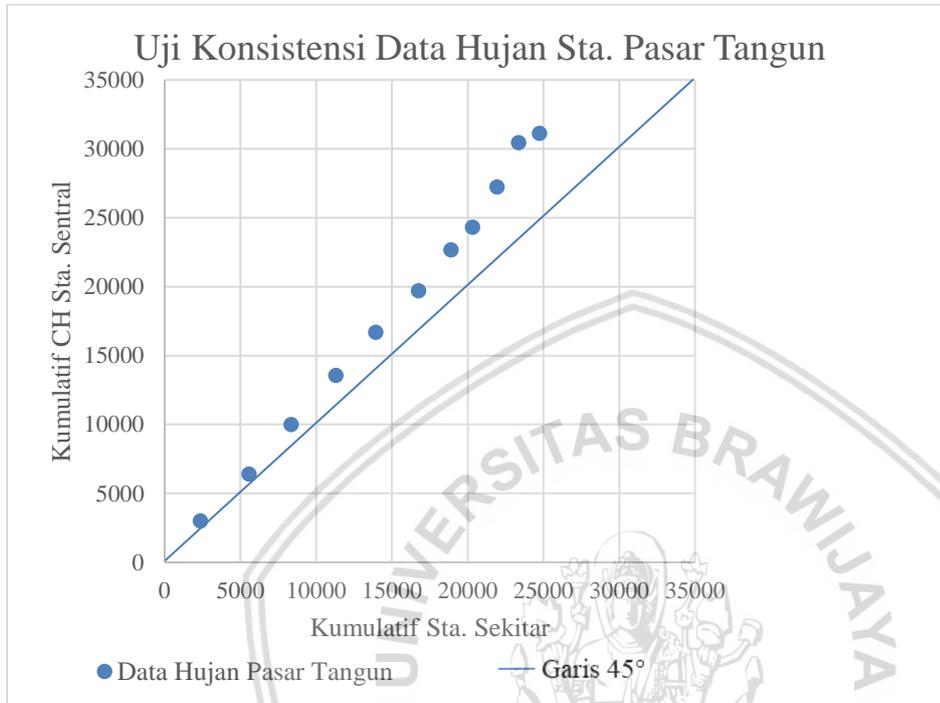
No.	Tahun	Pasar Tangun		Sekitar	
		CH Tahunan	Kumulatif	CH Rata-Rata	Kumulatif
11	2007	2988	2988	2354	2354
12	2008	3410	6398	3206	5559
12	2008	3593	9992	2793	8352
13	2009	3573	13565	2958	11309
14	2010	3108	16673	2626	13935
15	2011	3028	19700	2830	16765
16	2012	2962	22662	2126	18892
17	2013	1630	24292	1441	20333
18	2014	2923	27215	1604	21937
19	2015	3221	30436	1435	23372
20	2016	679	31115	1380	24751

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



Contoh Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Besar sudut} &= \tan\left(\frac{31115-2988}{24751-2354}\right) \\ &= \tan 1,256 \\ &= 51,469^\circ \end{aligned}$$



Gambar 4.1 Kurva Massa Ganda Stasiun Hujan Pasar Tangun sebelum terkoreksi
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

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

$$\begin{aligned} \text{FK} &= \frac{1,000}{1,256} \\ &= 0,796 \end{aligned}$$

Tabel 4.2

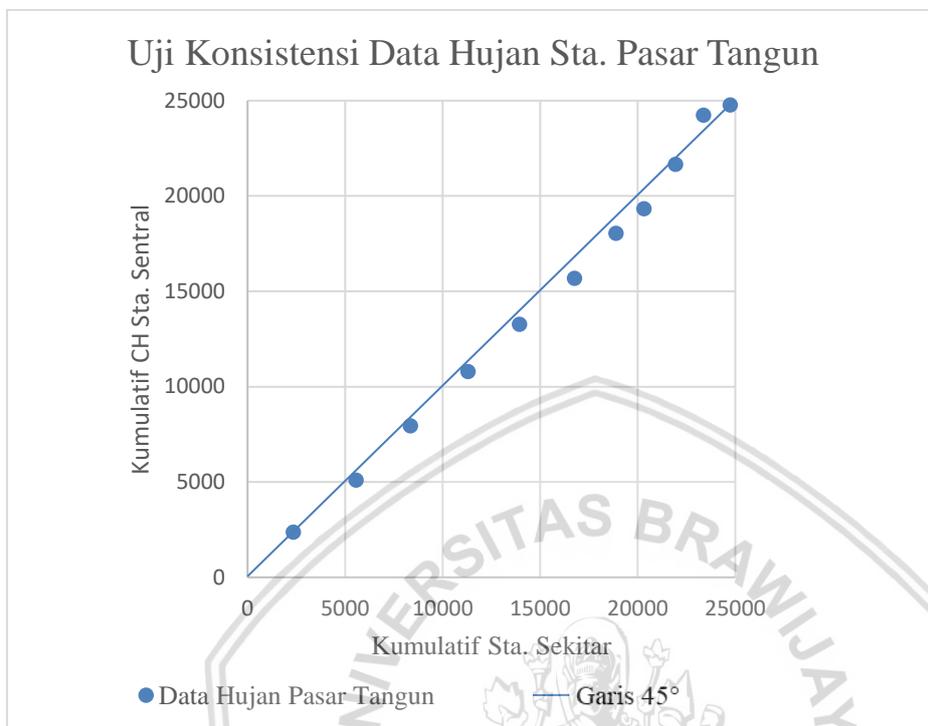
Uji Konsistensi Stasiun Hujan Pasar Tangun setelah dikalikan Faktor Koreksi (FK)

No.	Tahun	Pasar Tangun		Sekitar	
		CH Tahunan	Kumulatif	CH Rata-Rata	Kumulatif
10	2006	2379	2379	2354	2354
11	2007	2716	5095	3206	5559
12	2008	2861	7956	2793	8352
13	2009	2845	10802	2958	11309
14	2010	2475	13277	2626	13935
15	2011	2411	15688	2830	16765
16	2012	2359	18046	2126	18892
17	2013	1298	19344	1441	20333
18	2014	2327	21671	1604	21937
19	2015	2565	24236	1435	23372
20	2016	541	24777	1380	24751

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Contoh Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{CH Tahun 2006} &= 2988 * 0,796 \\ &= 2379 \text{ mm/bulan} \end{aligned}$$



Gambar 4.2 Kurva Massa Ganda Stasiun Hujan Pasar Tangun setelah terkoreksi
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

4.1.3. Penyaringan Data Hujan

4.1.3.1. 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 ketidadaan 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 ketidakadaan *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)

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

$$KP = 1 - \frac{6 \times 86}{11^3 - 11}$$

$$= 0,6090$$

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

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

$$t = 0,6090 \left[\frac{11-2}{1-0,6090^2} \right]^{0,5}$$

$$= 2,3039$$

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 $t_{0,975} = 2,262$ dan $-t_{0,975} = -2,262$. Berdasarkan perhitungan maka nilai t terletak $-2,262 < 2,3039 < 2,262$. 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 4.3

Ketidakadaan *Trend* Metode Spearman Stasiun Hujan Pasar Tangun

Pasar Tangun					
Tahun	Tt	CH Tahunan	Rt	dt	dt ²
2006	1	2379	7	6	36
2007	2	2716	3	1	1
2008	3	2861	1	-2	4
2009	4	2845	2	-2	4
2010	5	2475	5	0	0
2011	6	2411	6	0	0
2012	7	2359	8	1	1
2013	8	1298	10	2	4
2014	9	2327	9	0	0
2015	10	2565	4	-6	36
2016	11	541	11	0	0
Jumlah					86

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

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

$$\begin{aligned}
 U_1 &= N_1 N_2 + \frac{N_1}{2} x(N_1 + 1) - R_m \\
 &= (6 \times 5) + \frac{6}{2} \times (6 + 1) - 48 \\
 &= 3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U_2 &= N_1 N_2 - U_1 \\
 &= (6 \times 5) - 3 \\
 &= 27
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 Z &= \frac{\frac{U - (N_1 - N_2)}{2}}{\left[\frac{1}{12} \{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)\} \right]^{1/2}} \\
 Z &= \frac{\frac{3 - (6 - 5)}{2}}{\left[\frac{1}{12} \{6 \times 5 (6 + 5 + 1)\} \right]^{1/2}} \\
 &= -2,1908
 \end{aligned}$$

Berdasarkan uji satu sisi pada derajat kepercayaan 5% ditolak, berdasarkan tabel diperoleh nilai $Z_c = 1,645$ dan $,645$ Nilai $Z = -2,1908$ ternyata lebih besar dari $Z_c = 1,645$ dan lebih besar dari $Z_c = -1,645$ dengan demikian hipotesa dapat ditolak dengan derajat kepercayaan 5%. Atau dapat dikatakan bahwa kelompok I dan kelompok II berasal dari

populasi yang sama, atau dengan kata lain terjadi perubahan yang nyata nilai rata-ratanya atau menunjukkan adanya *trend*.

Tabel 4.4
Uji Mann dan Whitney Stasiun Hujan Pasar Tangun

Pasar Tangun				
Tahun	Kelompok	Hujan (mm)	Peringkat Rt	Jumlah
2006		2379	5	
2007		2716	9	
2008	XA	2861	11	48
2009		2845	10	
2010		2475	7	
2011		2411	6	
2012		2359	4	
2013		1298	2	
2014	XB	2327	3	18
2015		2565	8	
2016		541	1	
N1	6			
N2	5			
Rm	48			
U1	3			
U2	27			
U	3		(-)	(+)
Z	-2.19089023			
Zc	satu sisi	1.645	trend	independen

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

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

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

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

$$= - 1,9148$$

Nilai Z teoritis dari tabel untuk derajat kepercayaan 5% ditolak adalah 1,64. Oleh karena $Z = - 1,9148$ lebih kecil dari $Z_c = 1,64$ maka hipotesa ditolak. Dengan demikian data hasil uji Cox dan Stuart menunjukkan adanya *trend*.

Tabel 4.5

Uji Cox dan Stuart Stasiun Hujan Pasar Tangun

Pasar Tangun						
Tahun	Kelompok I (mm)	Tahun	Kelompok II (mm)	Tahun	Kelompok III (mm)	Tanda III - I
2006	2379	2010	2475	2013	1298	-
2007	2716	2011	2411	2014	2327	-
2008	2861	2012	2359	2015	2565	-
2009	2845			2016	541	-

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

4.1.3.2. 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, p.18). Uji T termasuk jenis uji untuk sampel kecil.

Tabel 4.6

Uji-T Stasiun Hujan Pasar Tangun

No	Kelompok I		No	Kelompok II	
	Tahun	CH		Tahun	CH
1	2006	2379	7	2012	2359
2	2007	2716	8	2013	1298
3	2008	2861	9	2014	2327
4	2009	2845	10	2015	2565
5	2010	2475	11	2016	541
6	2011	2411			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Contoh Perhitungan:

$$N_1 = 6$$

$$N_2 = 5$$

$$S_1 = 219,409$$

$$S_2 = 867,684$$

$$dk_1 = n_1 - 1 = 5$$

$$dk_2 = n_2 - 1 = 4$$

$$\bar{x}_1 = 2615$$

$$\bar{x}_2 = 1818$$

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

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\frac{N_1 S_1^2 + N_2 S_2^2}{N_1 + N_2 - 2}}^{\frac{1}{2}} \\ &= \sqrt{\frac{6 \times (219,409^2) + 5 \times (867,684^2)}{6 + 5 - 2}}^{\frac{1}{2}} \\ &= 840,89 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t &= \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sigma \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}} \\ &= \frac{|2615 - 1818|}{840,89 \sqrt{\frac{1}{6} + \frac{1}{5}}} \\ &= 1,564 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan Uji-T dengan derajat kebebasan (dk) = 9, dan derajat kepercayaan 0,025 pada uji dua arah maka diperoleh nilai t tabel = 2,262. Karena nilai t hitung = 1,564 < 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 4.7
Uji F Stasiun Hujan Pasar Tangun

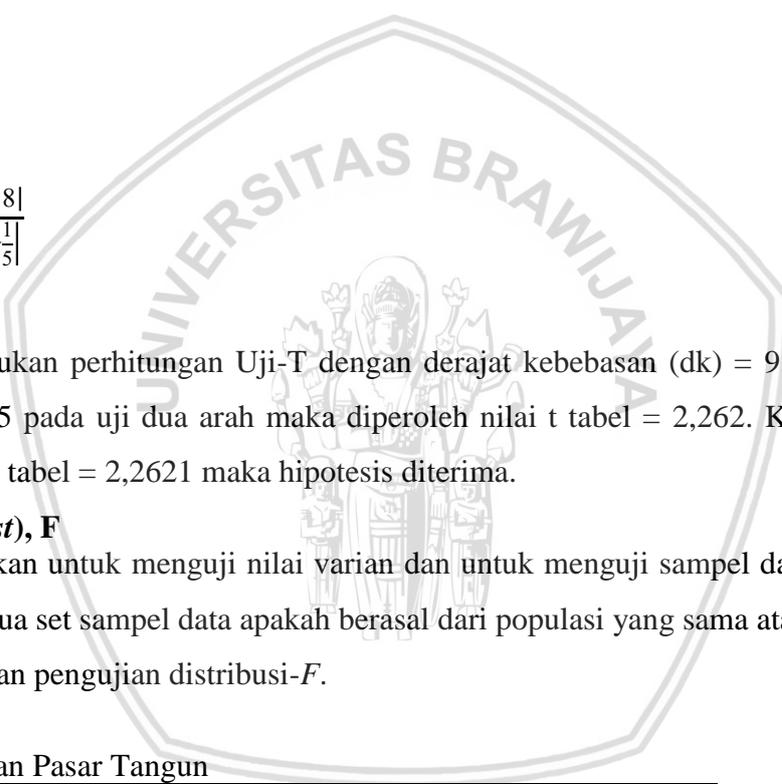
No	Kelompok I		No	Kelompok II	
	Tahun	CH		Tahun	CH
1	2006	2379	7	2012	2359
2	2007	2716	8	2013	1298
3	2008	2861	9	2014	2327
4	2009	2845	10	2015	2565
5	2010	2475	11	2016	541
6	2011	2411			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

$$N_1 = 6$$

$$N_2 = 5$$

$$S_1 = 219,409$$



$$\begin{aligned}
 S_2 &= 867,684 \\
 dk_1 &= n_1 - 1 = 5 \\
 dk_2 &= n_2 - 1 = 4 \\
 \bar{x}_1 &= 2615 \\
 \bar{x}_2 &= 1818 \\
 F &= \frac{N_1 \cdot S_1^2(N_2-1)}{N_2 \cdot S_2^2(N_1-1)} \\
 &= \frac{6 \cdot 219,409^2(5-1)}{5 \cdot 867,684^2(6-1)} \\
 &= 0,061
 \end{aligned}$$

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 = 0,061 < 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.

4.1.3.3. 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 4.8
Uji Persistensi Pasar Tangun

Pasar Tangun						
Tahun	Tt	CH Tahunan	Rt	dt	dt ²	
2006	10	2379	7	0	0	
2007	11	2716	3	4	16	
2008	12	2861	1	2	4	
2009	13	2845	2	-1	1	
2010	14	2475	5	-3	9	
2011	15	2411	6	-1	1	
2012	16	2359	8	-2	4	
2013	17	1298	10	-2	4	
2014	18	2327	9	1	1	
2015	19	2565	4	5	25	
2016	20	541	11	-7	49	
Jumlah						114

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Contoh Perhitungan:

$$m = 10$$

$$\begin{aligned} KS &= 1 - \left(\frac{6 \times \sum dt^2}{m^3 - m} \right) \\ &= 1 - \left(\frac{6 \times 114}{10^3 - 10} \right) \\ &= 0,309 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t &= KS \left(\frac{m-2}{1-KS^2} \right)^{0,5} \\ &= 0,309 \left(\frac{10-2}{1-0,309^2} \right)^{0,5} \\ &= 0,919 \end{aligned}$$

Berdasarkan uji satu sisi untuk derajat kepercayaan 5%, maka diperoleh $t_{0,975} = +1,833$ dan $-t_{0,975} = -1,883$. Dari perhitungan maka nilai t terletak $-1,883 < 0,919 < +1,883$. Oleh karena itu dapat dikatakan data independen atau tidak menunjukkan adanya persistensi.

4.1.3.4. 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 4.9)

Tabel 4.9
Stasiun Hujan Pasar Tangun Sebelum
Uji *Inlier-Outlier*

PASAR TANGUN	
Tahun	CH Tahunan
2006	2379
2007	2716
2008	2861
2009	2845
2010	2475
2011	2411
2012	2359
2013	1298
2014	2327
2015	2565
2016	541
Rerata	2252
S	705.9264
Kn	2
Xh	3726.435
Xl	778.4868

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Dari hasil perhitungan inlier-outlier didapatkan nilai batas atas (X_h) = 3726,435 dan batas bawah (X_l) = 778,4868. Sehingga dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa data tahun 2016 teroutlier atau data layak untuk digunakan sebanyak 10 tahun.

Tabel 4.10

Rekapitulasi Uji Keandalan Data Hujan Tahunan Kumulatif

Stasiun	Uji Trend						Inlier-Outlier	
	Metode Spearman	Metode Mann&Whitney		Metode Cox&Stuart	Uji Stasioner			Uji Persistensi
		2 sisi	1 sisi		1 sisi	Uji F		
Bagan Batu	√	x	x	√	√	√		
Bangko Jaya	x	√	x	√	√	√		
Bangun Jaya	x	x	x	√	√	√		
Dalu-Dalu	x	x	x	√	x	√		
Dumai	x	x	x	√	√	√		
Duri	x	x	x	√	√	x	10 tahun dari 11 tahun	
Kota Lama	x	x	x	√	√	√		
Lubuk Bendahara	√	x	x	x	√	x		
Pasar Tangun	x	x	x	√	√	√		
Pekan Tebih	x	x	x	√	x	√		
Rambah Utama	x	x	x	√	√	√		
Sedinginan	x	x	x	√	√	√		

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

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 (2-21).

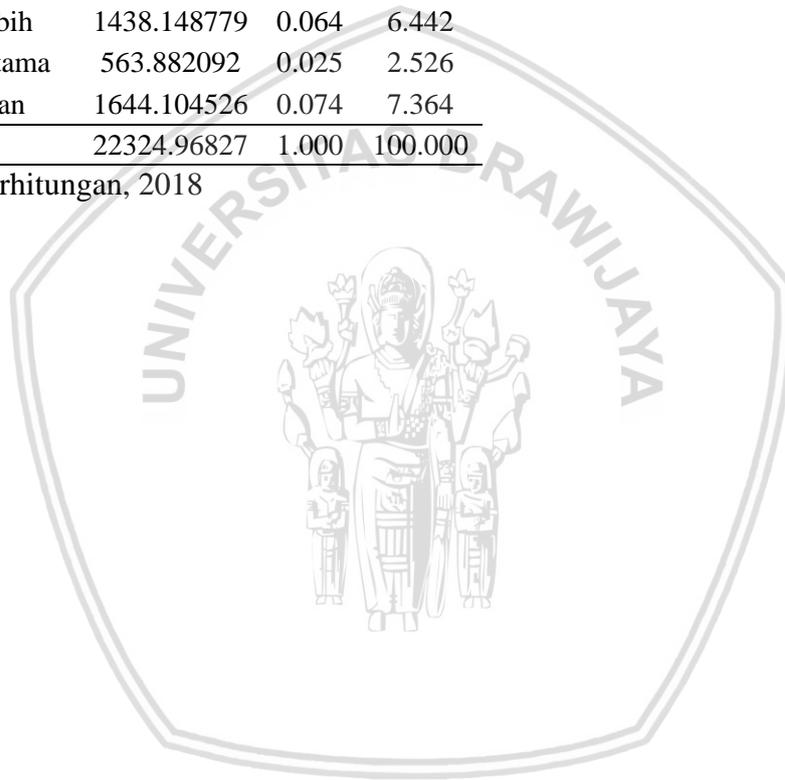
$$d = \frac{A_1 d_1 + A_2 d_2 + \dots + A_n d_n}{A}$$

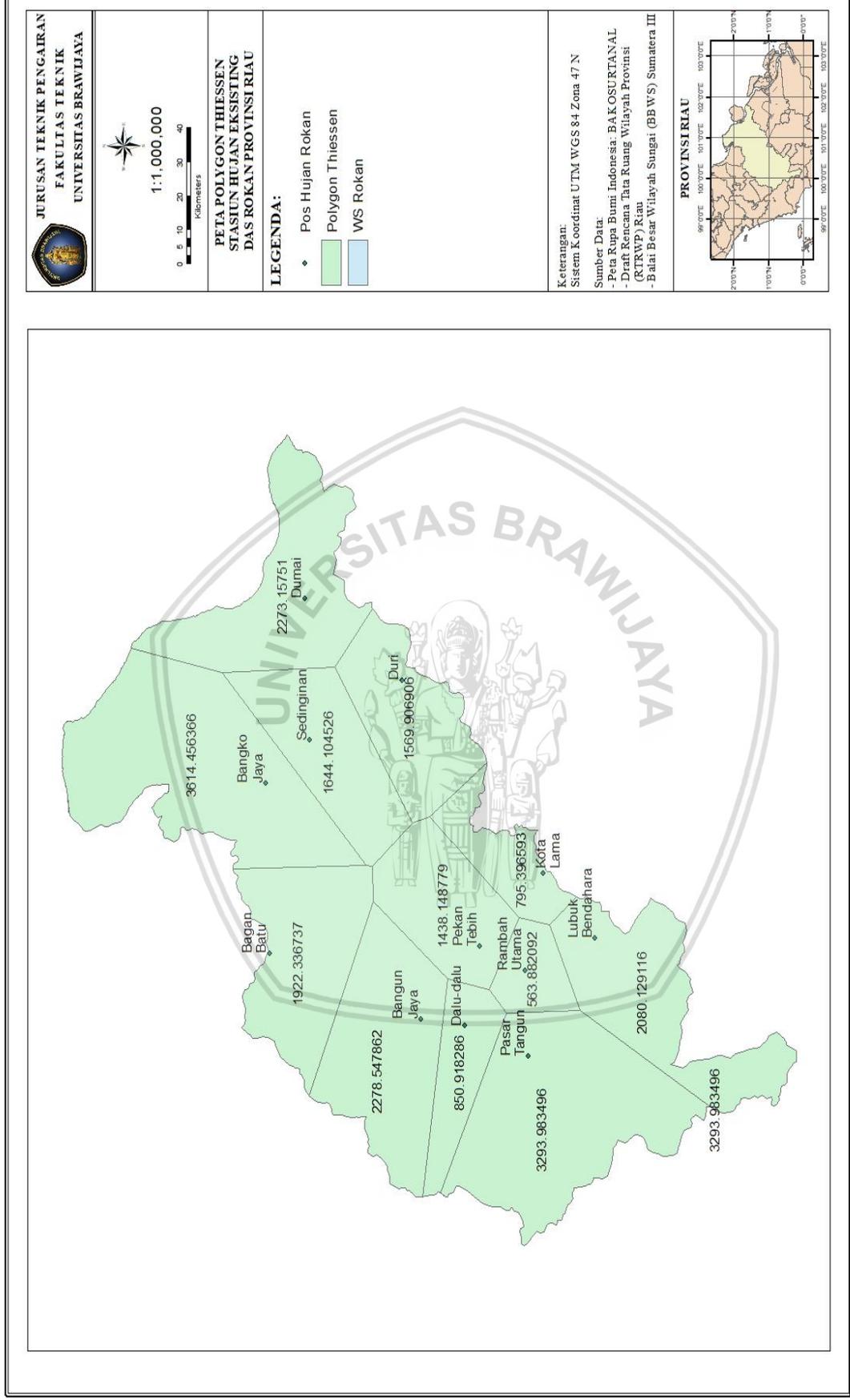
$$= \sum_i^n \frac{A_i d_i}{A}$$

Tabel 4.11
Faktor Koreksi Luas Pengaruh Poligon Thiessen

No	Stasiun Hujan	Luas (km ²)	Fk	%
1	Bagan Batu	1922.336737	0.086	8.611
2	Bangko Jaya	3614.456366	0.162	16.190
3	Bangun Jaya	2278.547862	0.102	10.206
4	Dalu-Dalu	850.918286	0.038	3.812
5	Dumai	2273.15751	0.102	10.182
6	Duri	1569.906906	0.070	7.032
7	Kota Lama	795.396593	0.036	3.563
8	Lubuk Bendahara	2080.129116	0.093	9.318
9	Pasar Tangun	3293.983496	0.148	14.755
10	Pekan Tebih	1438.148779	0.064	6.442
11	Rambah Utama	563.882092	0.025	2.526
12	Sedinginan	1644.104526	0.074	7.364
Total		22324.96827	1.000	100.000

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018





Gambar 4.3. Poligon Thiessen Stasiun Hujan Eksisting
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

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

$$\begin{aligned}
 d &= (1679 \times 0,086) + (3326 \times 0,162) + (2477 \times 0,102) + (2709 \times 0,038) + (2002 \times 0,102) \\
 &\quad + (1636 \times 0,070) + (4113 \times 0,036) + (1197 \times 0,093) + (2379 \times 0,148) + (2359 \times 0,064) + (3138 \times 0,025) + (1696 \times 0,074) \\
 &= 2323,384 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.12
Rekapitulasi Hujan Rerata Daerah

Tahun	Bagan Batu	Bangko Jaya	Bangun Jaya	Dalu-Dalu	Dumai	Duri	Kota Lama	Lubuk Bendahara	Pasar Tangun	Pekan Tebih	Rambah Utama	Sedinginan	Jumlah hujan Thiessen	Max
fk	0.086	0.162	0.102	0.038	0.102	0.070	0.036	0.093	0.148	0.064	0.025	0.074		
2006	1679	3326	2477	2709	2002	1636	4113	1197	2379	2359	3138	1696	2323.384	
2007	2113	2347	2946	3167	2749	1962	4403	1166	2716	3195	4886	2290	2565.108	
2008	1644	2132	2964	3029	2275	1661	3954	2167	2861	3106	3565	1941	2451.303	
2009	1830	1963	2844	3012	1855	1800	3133	4526	2845	2875	4492	1887	2586.660	
2010	2156	2707	2490	2797	2065	2089	4163	4174	2475	2846	3499	2181	2676.577	
2012	1735	2537	2486	2482	1992	1618	3652	5553	2411	2989	4467	1896	2673.278	2676.5773
2013	1665	3520	2155	1901	1825	1900	4097	1492	2359	2616	2873	1977	2344.742	
2014	1634	1244	1367	1924	1352	1309	1849	914	1298	1036	2109	1098	1328.047	
2015	1774	790	2489	1568	792	1096	1112	1101	2327	1135	3019	1563	1502.215	
2016	1245	1883	1753	1376	1110	1559	2947	844	2565	1566	2070	1403	1684.649	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

4.3. Analisa Kerapatan Jaringan Stasiun Hujan dengan Standar WMO

Berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh WMO, WS Rokan yang merupakan daerah tropis dengan ketentuan 100–250 km²/stasiun, dengan luas 22,324 km² membutuhkan lebih dari 12 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 4.13

Analisa Kerapatan Stasiun Hujan Berdasarkan Standar WMO

No	Nama Pos Hujan	Luas Daerah Pengaruh (Km ²)	Prosentase (%)	Luas Daerah (Km ²) Per Satu Pos Hujan		
				Kondisi Ideal 600 - 900	Kondisi Normal 900 - 3000	Kondisi Sulit 3000 - 9000
1	Bagan Batu	1922.336737	8.611	-	√	-
2	Bangko Jaya	3614.456366	16.190	-	-	√
3	Bangun Jaya	2278.547862	10.206	-	√	-
4	Dalu-Dalu	850.918286	3.812	√	-	-
5	Dumai	2273.15751	10.182	-	√	-
6	Duri	1569.906906	7.032	-	√	-
7	Kota Lama	795.396593	3.563	√	-	-
8	Lubuk Bendahara	2080.129116	9.318	-	√	-
9	Pasar Tangun	3293.983496	14.755	-	-	√
10	Pekan Tebih	1438.148779	6.442	-	√	-
11	Rambah Utama	563.882092	2.526	√	-	-
12	Sedinginan	1644.104526	7.364	-	√	-

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

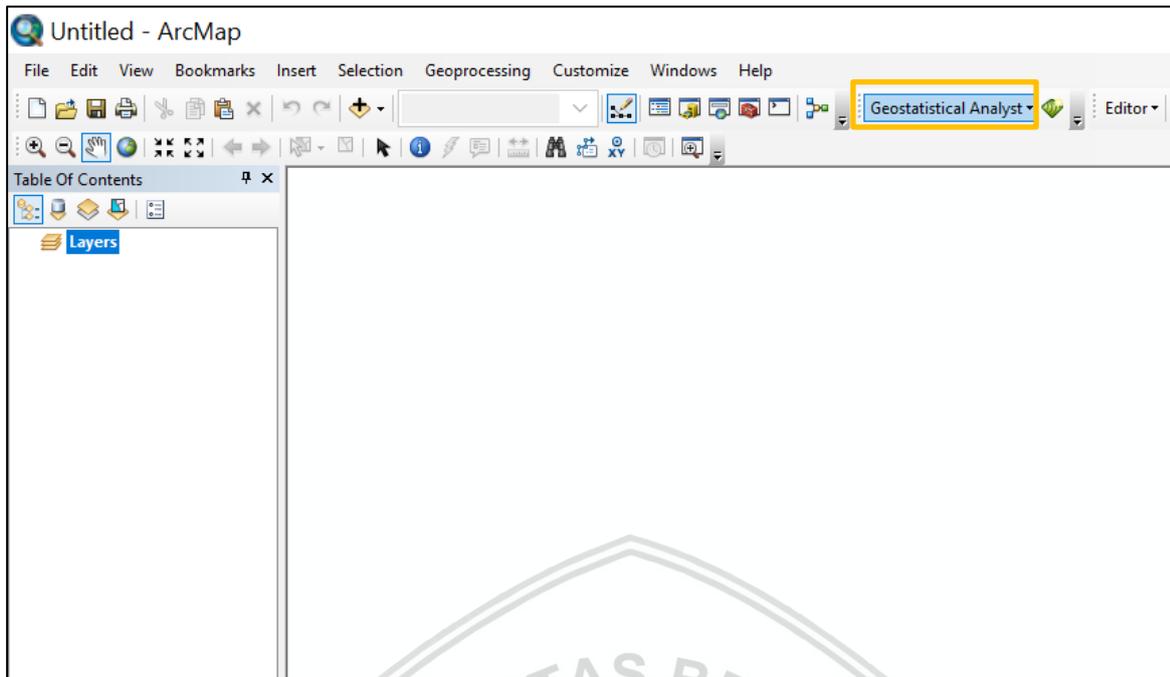
Berdasarkan dari hasil analisa, diketahui 3 stasiun hujan yang ada di WS Rokan memenuhi kondisi ideal, 7 stasiun hujan kondisi normal, dan 2 stasiun hujan dengan kondisi sulit dilihat dari luas daerah pengaruhnya. Selanjutnya, hasil dari analisa dengan standar WMO ini akan digunakan sebagai acuan dalam analisa kerapatan stasiun hujan berdasarkan metode Kriging.

4.4. Evaluasi 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:

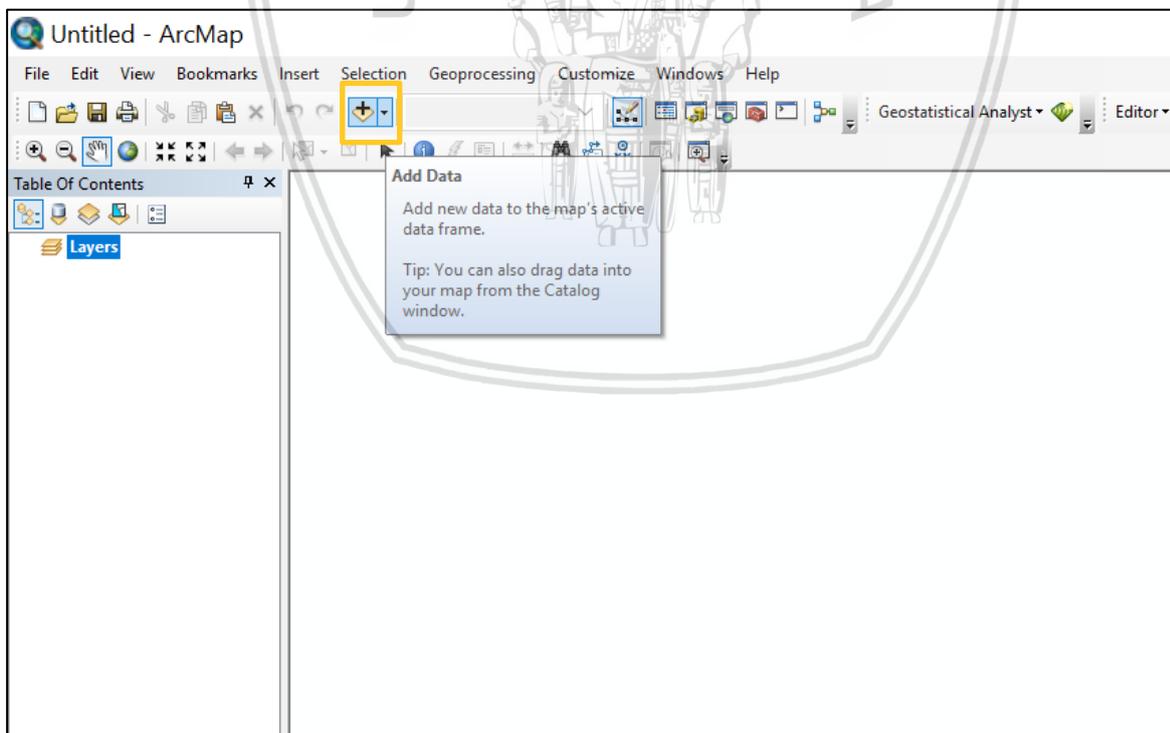
1. Mulai ArcMap dan menambahkan *Geostatistical Analyst*

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:



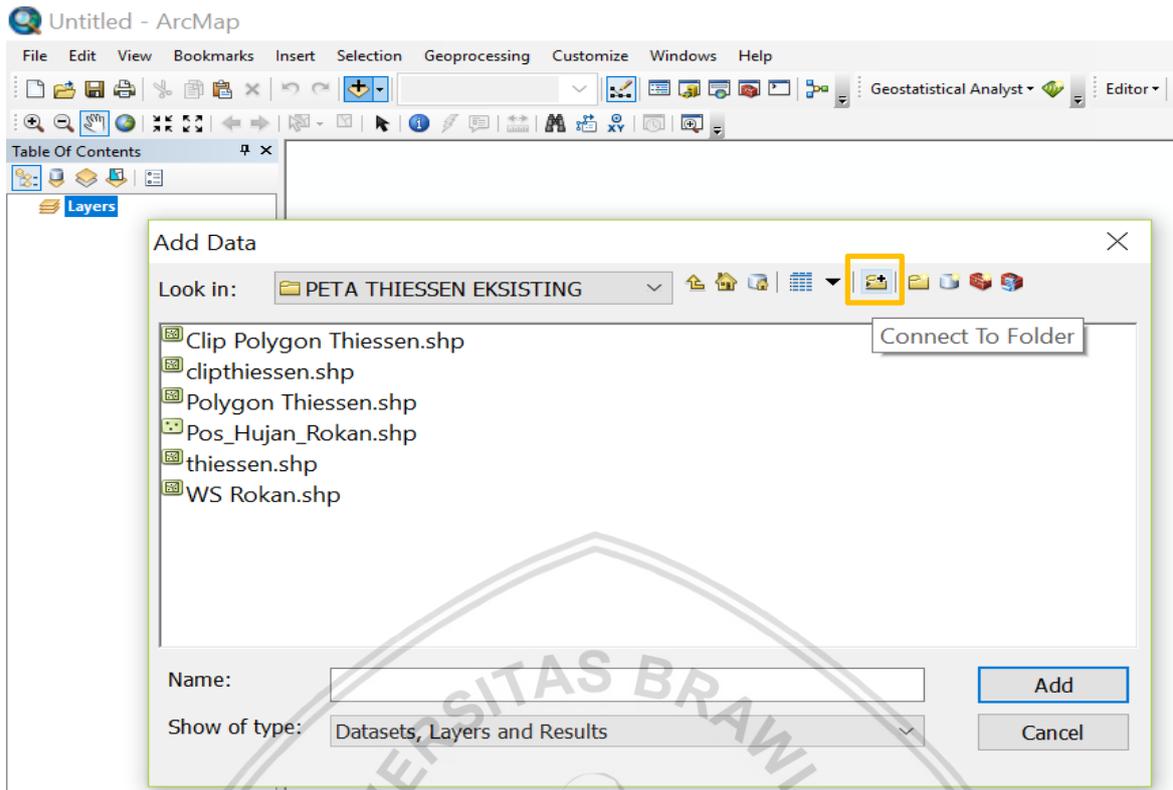
Gambar 4.4 Menambah Toolbar *Goestatistical Analysis*
 Sumber: Aplikasi ArcMap GIS 10.2.2

2. Menambahkan layer ke ArcMap
 - Klik tombol Add data pada Toolbar Standart



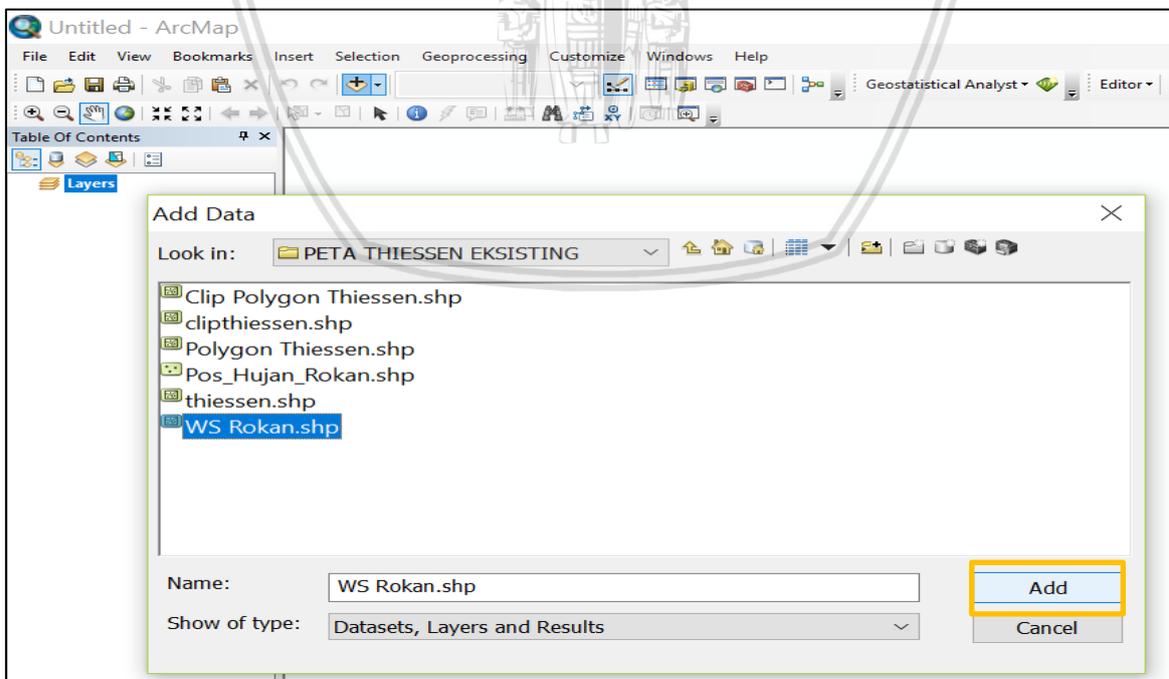
Gambar 4.5 Menambah data pada ArcMap
 Sumber: Aplikasi ArcMap GIS 10.2.2

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

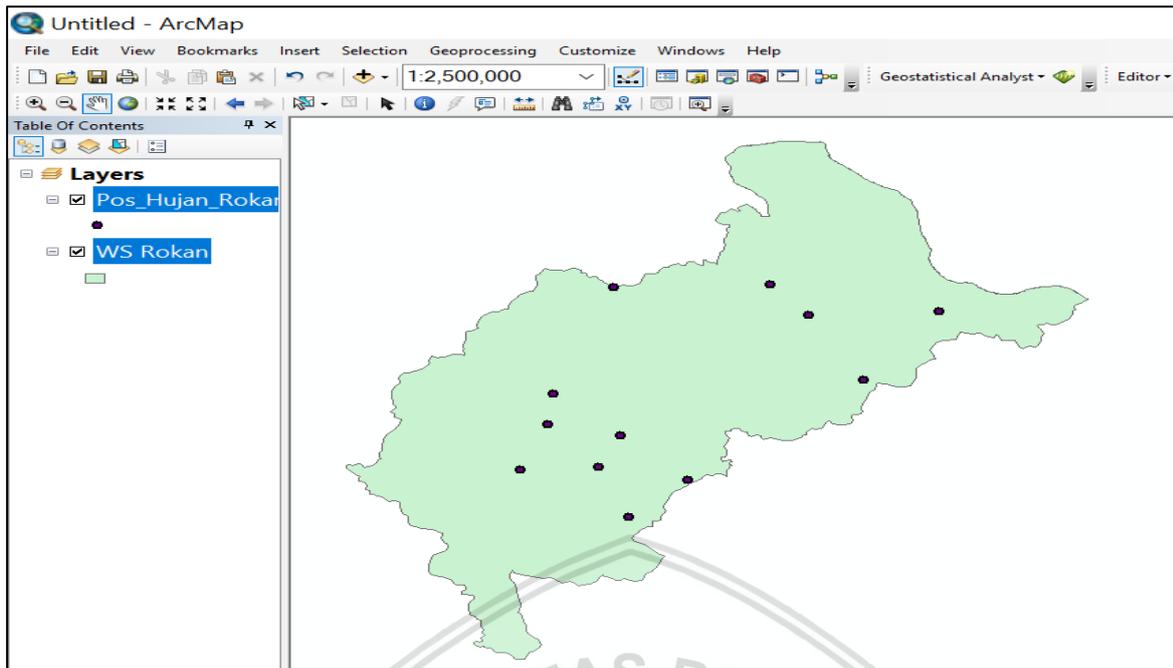


Gambar 4.6 Menambah data shp pada ArcMap
Sumber: Aplikasi ArcMap GIS 10.2.2

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



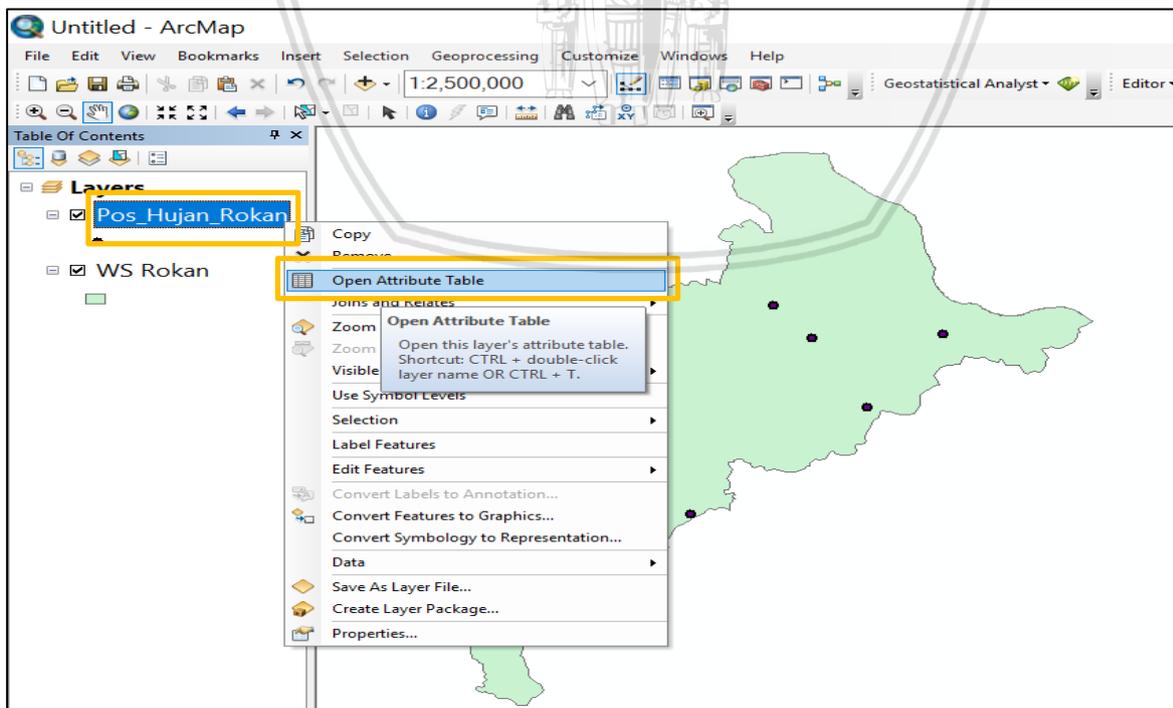
Gambar 4.7 Menambah data shp yang digunakan pada ArcMap
Sumber: Aplikasi ArcMap GIS 10.2.2



Gambar 4.8 Tampilan layer yang telah ditambahkan pada ArcMap
Sumber: Aplikasi ArcMap GIS 10.2.2

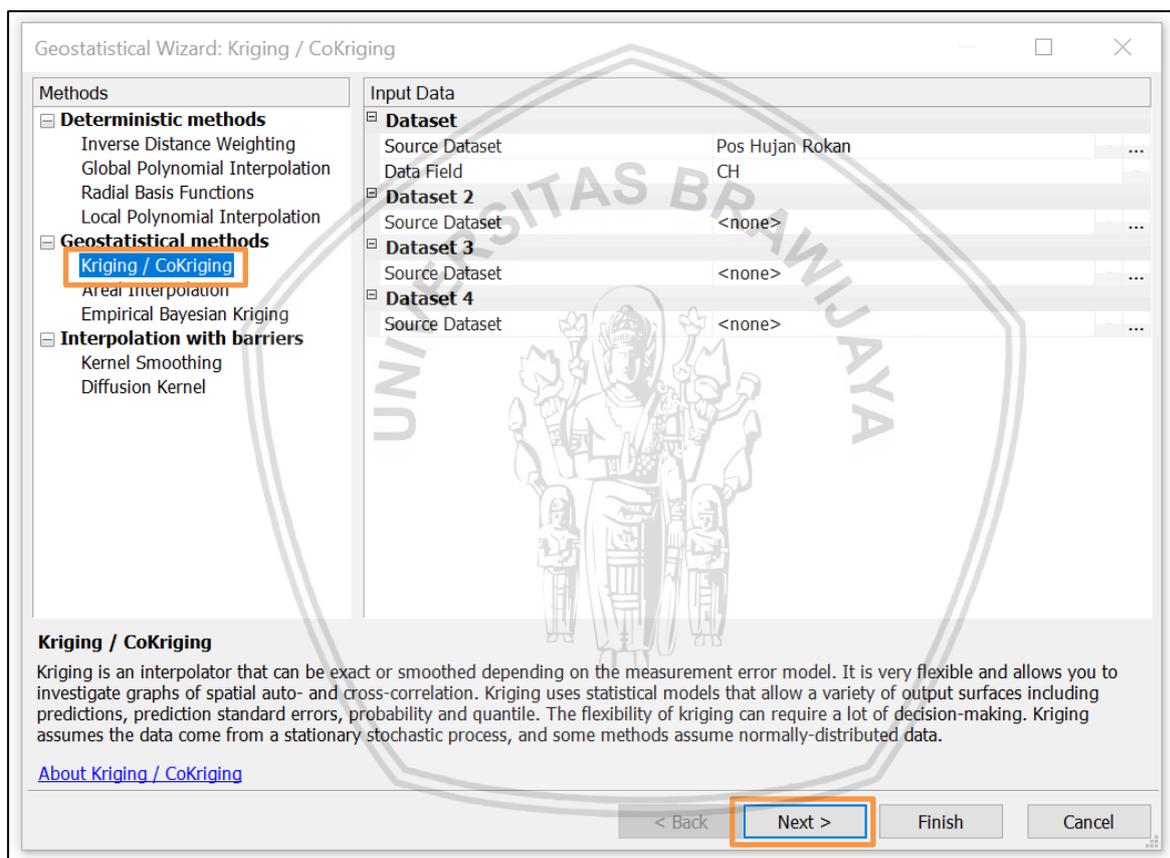
3. Memasukkan data curah hujan kumulatif tahunan yang telah dirata-rata untuk tiap stasiun hujan. Dalam perencanaan jaringan stasiun hujan dengan metode Kriging didasarkan pada curah hujan kumulatif tahunan yang telah dirata-rata. Langkah-langkah memasukkan data curah hujan sebagai berikut:

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



Gambar 4.9 Membuka menu *Open Attribute Table*
Sumber: Aplikasi ArcMap GIS 10.2.2

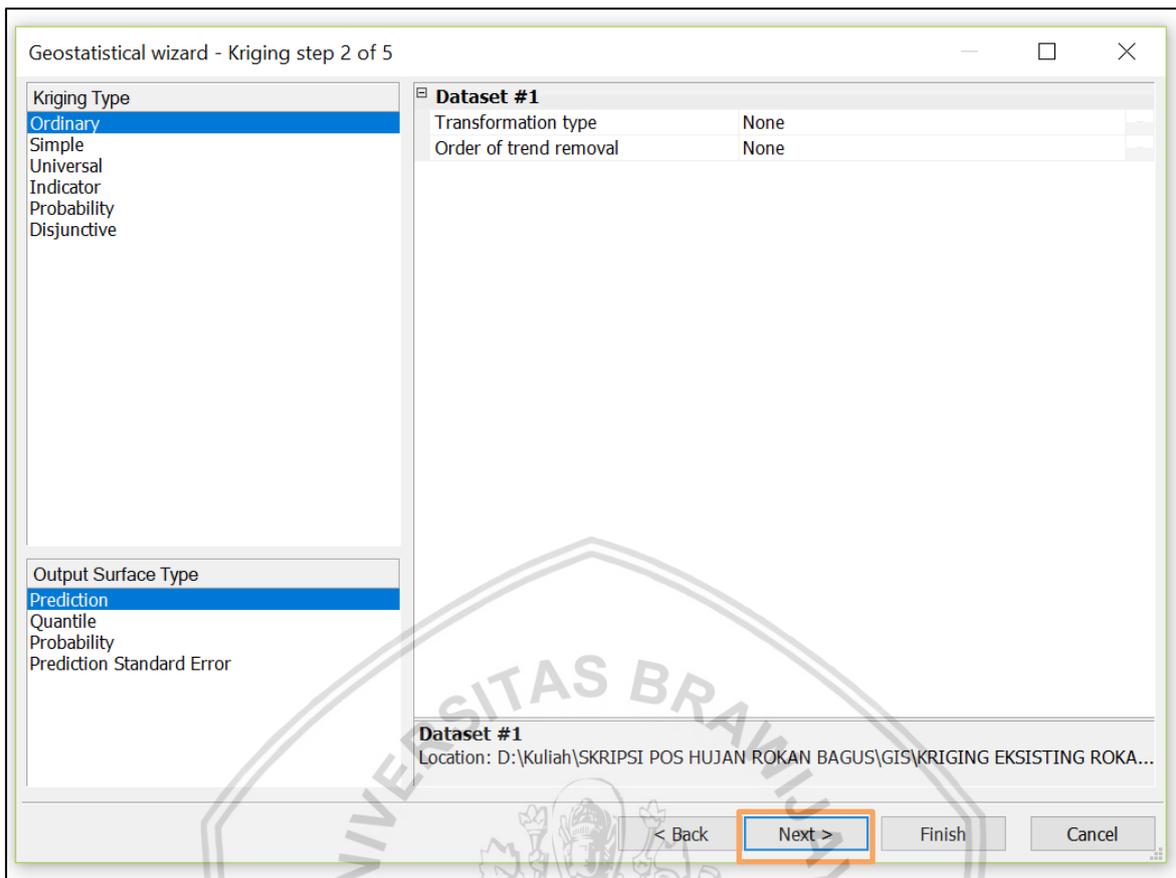
4. Dari data curah hujan yang diperoleh, dilakukan permodelan semivariogram. Untuk mempermudah permodelan dilakukan *binning* (pengelompokan nilai semivariogram) pada semivariogram. Proses *binning* didasarkan pada jarak terjauh antar stasiun hujan. Jarak terjauh antar stasiun hujan yaitu 154,078 km (jarak antar stasiun hujan Dumai dengan stasiun hujan Pasar Tangun). Untuk pemilihan *lag* dan banyaknya *lag* dalam pemodelan semivariogram yaitu yang menghasilkan nilai perkalian 77,039 km (setengah dari jarak terjauh antar stasiun hujan). Dari hasil percobaan didapat bahwa kombinasi *lag* 14642,57 m dan banyaknya *lag* 20 merupakan kombinasi terbaik yang menghasilkan nilai RMSE dan MAE yang terkecil. Semivariogram hasil *binning* disajikan pada gambar 4.16-4.18.



Gambar 4.12 Pemilihan Input Data, Metode dan Atribut

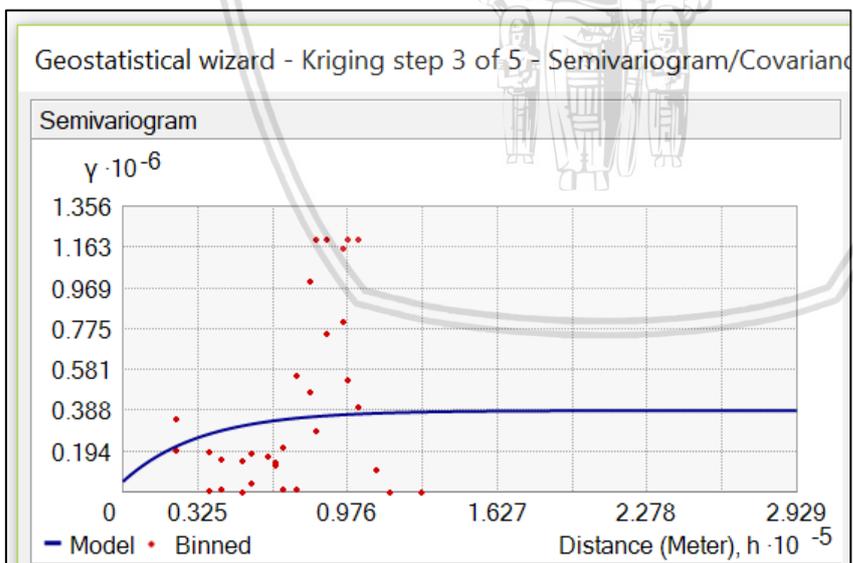
Sumber: Aplikasi ArcMap GIS 10.2.2

Pada tahapan ini dilakukan interpolasi pada curah hujan eksisting untuk mendapat curah hujan prediksi. Interpolasi didapat dari data hujan eksisting, jumlah data, dan jarak. Oleh karena itu pada kolom Data Field harus diisi dengan CH sesuai pada langkah sebelumnya.



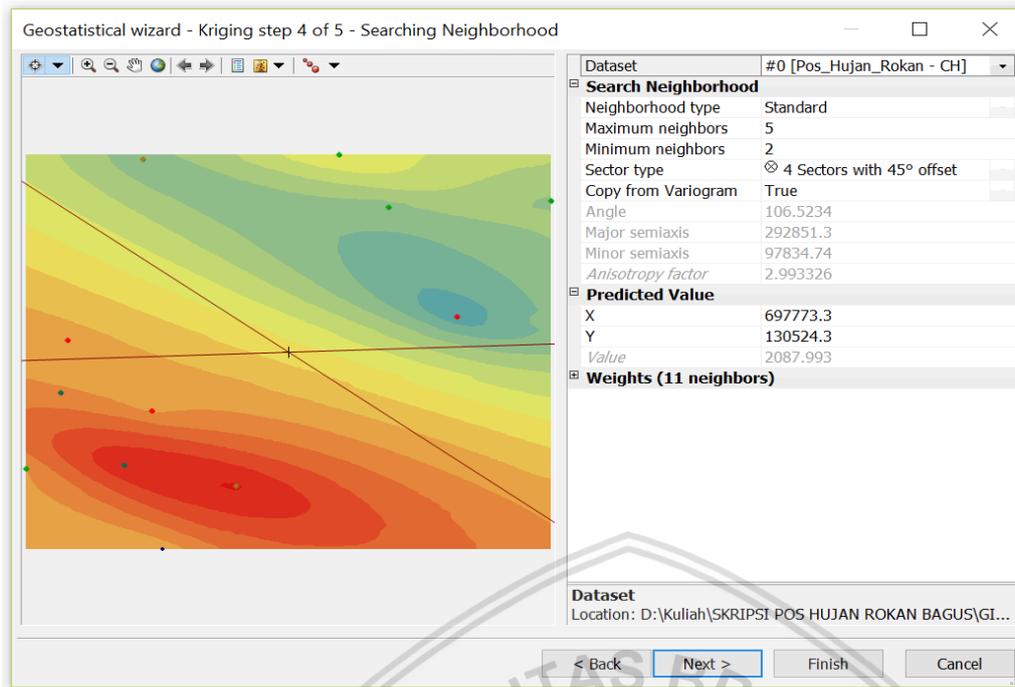
Gambar 4.13 Pemilihan Metode (*Ordinary Kriging*)

Sumber: Aplikasi ArcMap GIS 10.2.2



Gambar 4.14 Semivariogram Curah Hujan Hasil *Binning*

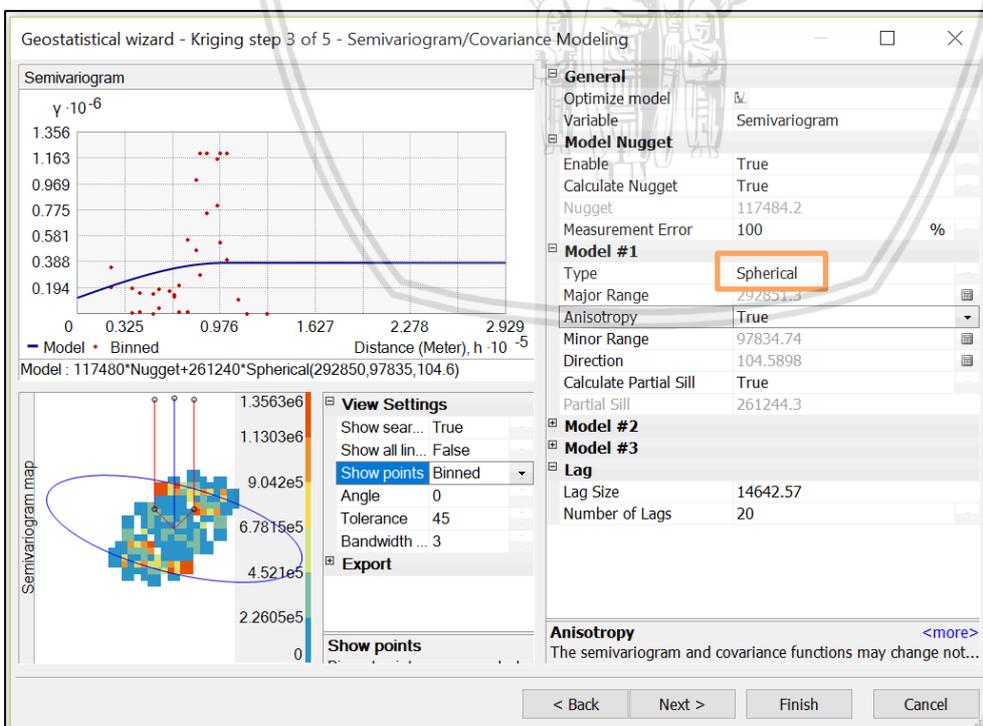
Sumber: Hasil Analisa Metode Kriging pada Aplikasi ArcMap GIS 10.2.2



Gambar 4.15 Semivariogram Curah Hujan Hasil *Binning*

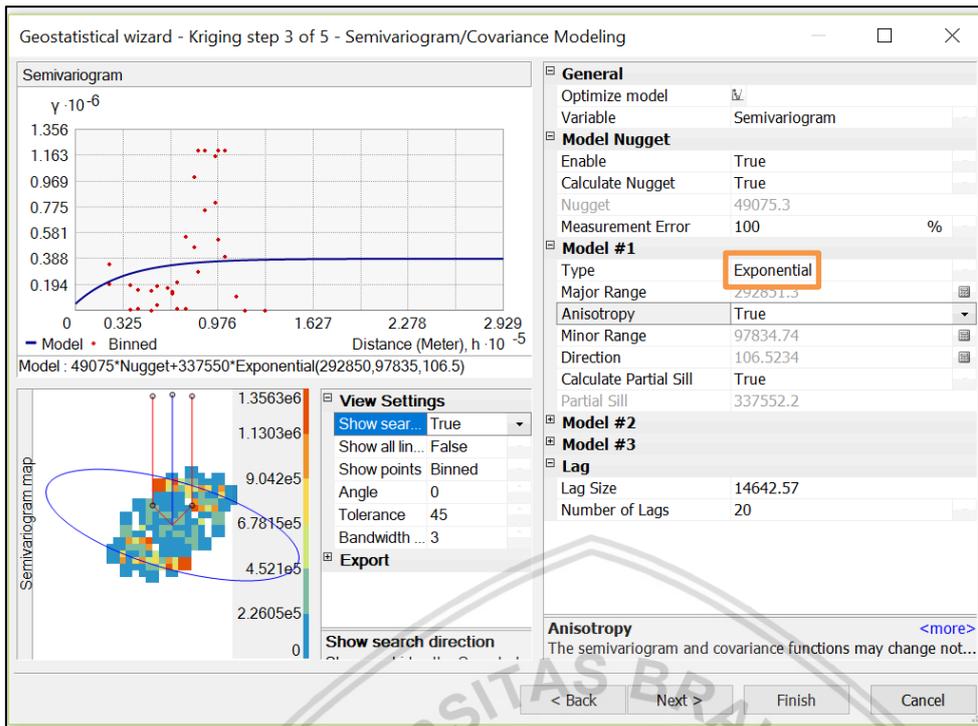
Sumber: Hasil Analisa Metode Kriging pada Aplikasi ArcMap GIS 10.2.2

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.



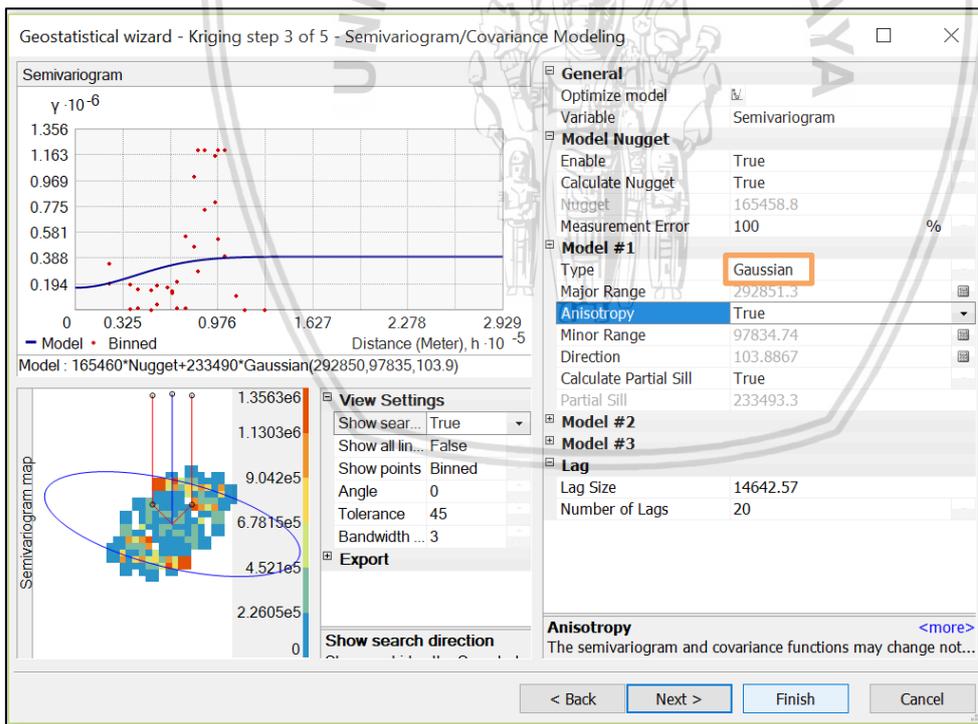
Gambar 4.16 Permodelan Semivariogram *Spherical*

Sumber: Hasil Analisa Metode Kriging pada Aplikasi ArcMap GIS 10.2.2



Gambar 4.17 Permodelan Semivariogram *Exponential*

Sumber: Hasil Analisa Metode Kriging pada Aplikasi ArcMap GIS 10.2.2



Gambar 4.18 Permodelan Semivariogram *Gaussian*

Sumber: Hasil Analisa Metode Kriging pada Aplikasi ArcMap GIS 10.2.2

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 4.14

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	Bagan Batu	1727.0	2009.5	-282.5	79806.3	282.5
2	Bangko Jaya	2133.0	1786.5	346.5	120062.3	346.5
3	Bangun Jaya	2336.0	2228.6	107.4	11534.8	107.4
4	Dalu-Dalu	2378.0	2467.9	-89.9	8082.0	89.9
5	Dumai	1792.0	1928.0	-136.0	18496.0	136.0
6	Duri	1630.0	2058.5	-428.5	183612.3	428.5
7	Kota Lama	3277.0	2512.1	764.9	585072.0	764.9
8	Lubuk Bendahara	2181.0	2776.4	-595.4	354501.2	595.4
9	Pasar Tangun	2252.0	2666.1	-414.1	171478.8	414.1
10	Pekan Tebih	2236.0	2584.2	-348.2	121243.2	348.2
11	Rambah Utama	3263.0	2524.2	738.8	545825.4	738.8
12	Sedinginan	1768.0	1870.4	-102.4	10485.8	102.4
		Jumlah			2210199.9	4354.6

Sumber: Hasil Perhitungan dan Analisa GIS, 2018

Tabel 4.15

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	Bagan Batu	1727.0	2065.4	-338.4	114514.6	338.4
2	Bangko Jaya	2133.0	1796.2	336.8	113434.2	336.8
3	Bangun Jaya	2336.0	2170.7	165.3	27324.1	165.3
4	Dalu-Dalu	2378.0	2433.5	-55.5	3080.3	55.5
5	Dumai	1792.0	1958.3	-166.3	27655.7	166.3
6	Duri	1630.0	2070.3	-440.3	193864.1	440.3
7	Kota Lama	3277.0	2622.8	654.2	427977.6	654.2
8	Lubuk Bendahara	2181.0	2716.1	-535.1	286332.0	535.1
9	Pasar Tangun	2252.0	2687.3	-435.3	189486.1	435.3
10	Pekan Tebih	2236.0	2609.6	-373.6	139577.0	373.6
11	Rambah Utama	3263.0	2607.1	655.9	430204.8	655.9
12	Sedinginan	1768.0	1906.0	-138.0	19044.0	138.0
		Jumlah			1972494.4	4294.7

Sumber: Hasil Perhitungan dan Analisa GIS, 2018

Tabel 4.16
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	Bagan Batu	1727.0	1992.7	-265.7	70596.5	265.7
2	Bangko Jaya	2133.0	1783.5	349.5	122150.3	349.5
3	Bangun Jaya	2336.0	2269.5	66.5	4422.3	66.5
4	Dalu-Dalu	2378.0	2502.9	-124.9	15600.0	124.9
5	Dumai	1792.0	1910.6	-118.6	14066.0	118.6
6	Duri	1630.0	2057.5	-427.5	182756.3	427.5
7	Kota Lama	3277.0	2432.8	844.2	712673.6	844.2
8	Lubuk Bendahara	2181.0	2814.7	-633.7	401575.7	633.7
9	Pasar Tangun	2252.0	2633.4	-381.4	145466.0	381.4
10	Pekan Tebih	2236.0	2566.3	-330.3	109098.1	330.3
11	Rambah Utama	3263.0	2458.1	804.9	647864.0	804.9
12	Sedinginan	1768.0	1863.1	-95.1	9044.0	95.1
Jumlah					2435312.6	4442.3

Sumber: Hasil Perhitungan dan Analisa GIS, 2018

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

- CH Sebenarnya = 1727 mm/tahun
- CH Prediksi = 2009,5 mm/tahun (hasil dari interpolasi Kriging pada stasiun hujan Bagan Batu)
- Galat = CH. Sebenarnya – CH. Prediksi
 = 1727 – 2009,5
 = -282,5 mm/tahun
- Kuadrat Galat = Galat²
 = (-282,5)²
 = 79806,3 mm/tahun
- Galat Mutlak = |282,5|
 = 282,5 mm/tahun

7. Dengan persamaan (2-32) dan (2-34) dapat dihitung nilai RMSE dan MAE untuk masing-masing model semivariogram sebagai berikut:

- Model *Spherical*

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

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{\frac{2210199,9}{12}} \\
 &= 429,166 \\
 \text{MAE} &= \frac{\sum_{i=1}^n |e_i|}{n} \\
 &= \frac{4354,6}{12} \\
 &= 362,883
 \end{aligned}$$

- Model *Exponential*

$$\begin{aligned}
 \text{RMSE} &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n}} \\
 &= \sqrt{\frac{1972494,4}{12}} \\
 &= 405,431 \\
 \text{MAE} &= \frac{\sum_{i=1}^n |e_i|}{n} \\
 &= \frac{4294,7}{12} \\
 &= 357,892
 \end{aligned}$$

- Model *Gaussian*

$$\begin{aligned}
 \text{RMSE} &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n}} \\
 &= \sqrt{\frac{2435312,6}{12}} \\
 &= 450,942 \\
 \text{MAE} &= \frac{\sum_{i=1}^n |e_i|}{n} \\
 &= \frac{4442,3}{12} \\
 &= 370,192
 \end{aligned}$$

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



Tabel 4.17
Perbandingan Hasil *Cross Validation* Ketiga Model
Semivariogram Stasiun Hujan Eksisting

Model Variogram	RMSE	MAE
Spherical	429.2	362.9
Exponential	405.4	357.9
Gaussian	450.5	370.2

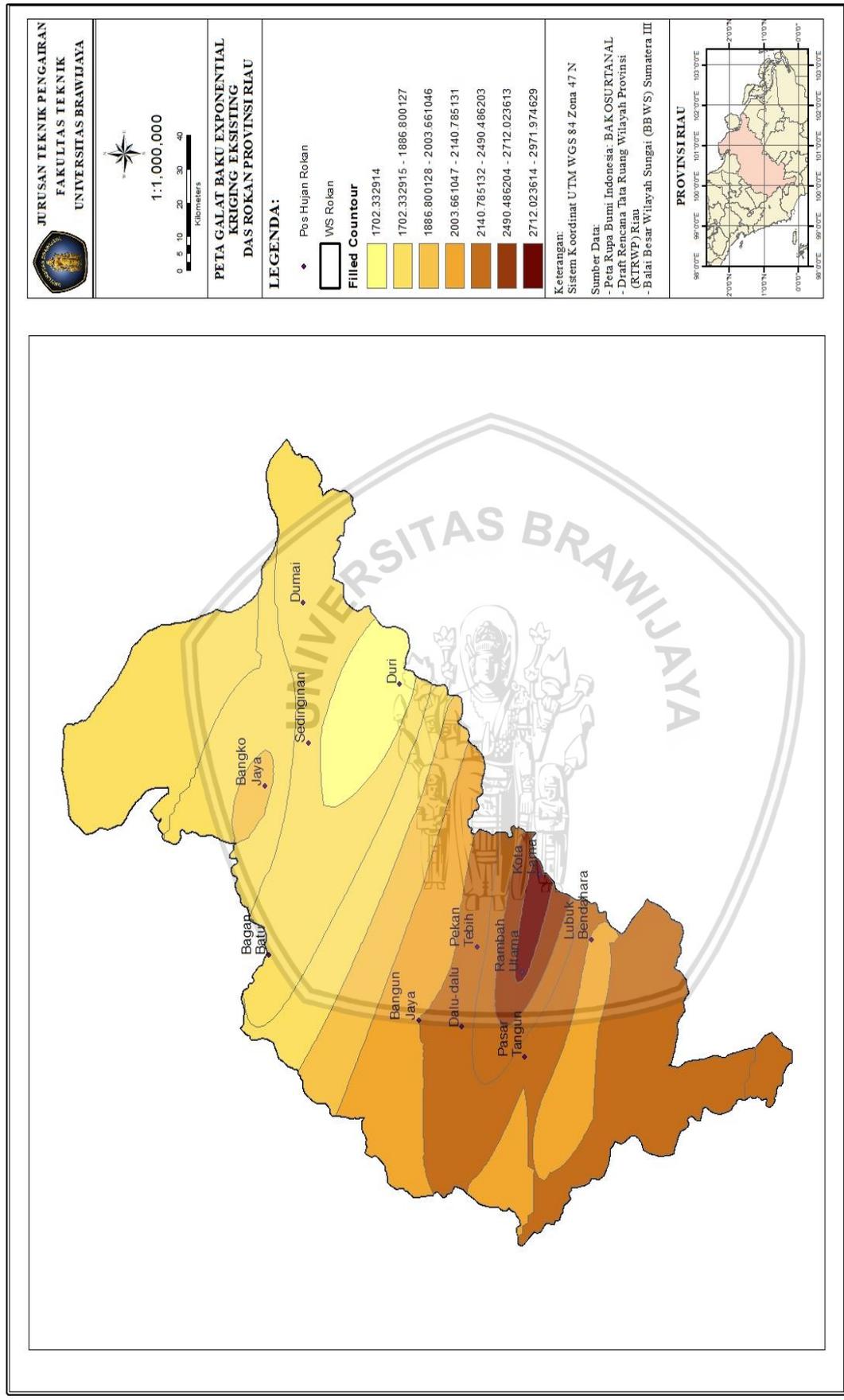
Sumber: Hasil Perhitungan dan Analisa GIS, 2018

Berdasarkan tabel diatas, model variogram *Exponential* memiliki nilai RMSE dan MAE paling kecil, sehingga dapat disimpulkan bahwa korelasi spasial curah hujan di WS Rokan 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 menambah atau 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 4.19. 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.

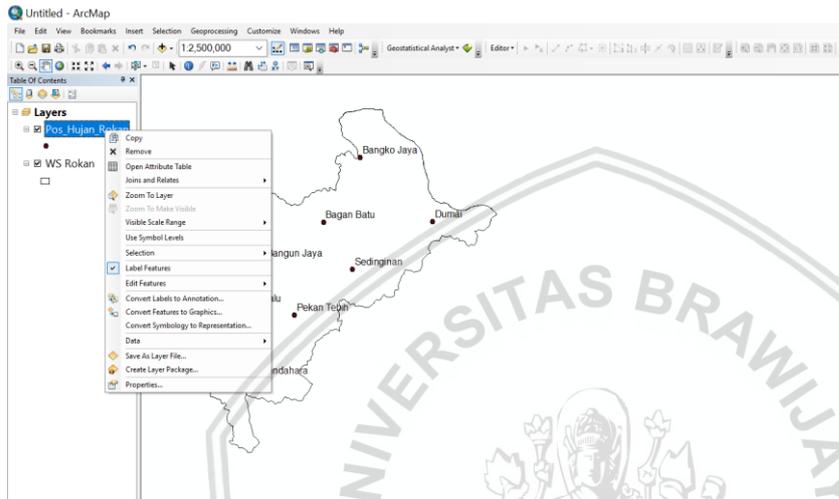
9. Penentuan letak stasiun hujan yang direkomendasikan dilakukan dengan mensimulasi yang didasarkan pada peta galat baku prediksi stasiun hujan eksisting dengan memperhatikan faktor tata guna lahan, faktor hidraulik dan faktor jaringan transportasi guna memudahkan proses pembangunan dan operasi maupun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



Gambar 4.19 Peta Galat Baku Prediksi Stasiun Hujan Eksisting dengan Aplikasi ArcGIS 10.2.2. Sumber: Hasil Penggambaran, 2018

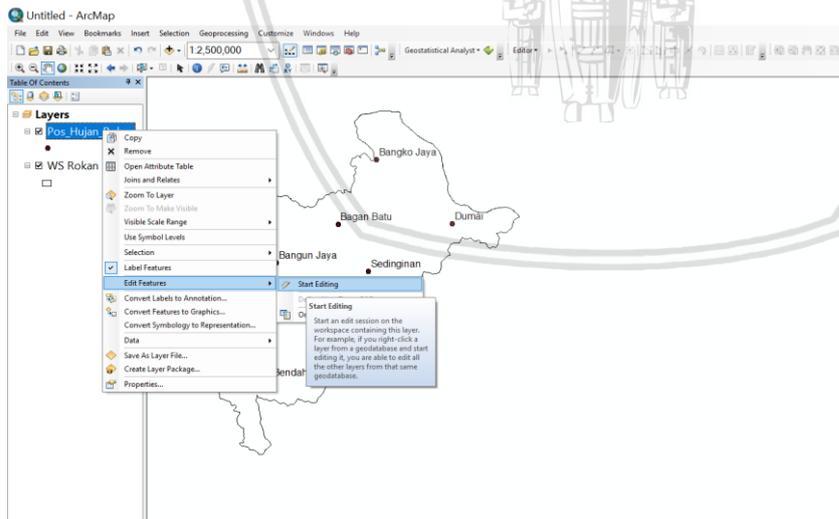
Stasiun hujan rekomendasi pada WS Rokan terdapat 2 rekomendasi. Untuk rekomendasi I stasiun hujan pengurangan stasiun hujan eksisting berdasarkan stasiun hujan yang tidak lolos pada uji penyaringan data sebanyak 4 stasiun hujan (Duri, Rambah Utama, Pasar Tangun, dan Kota Lama), dengan mempertimbangkan luas pengaruh pada kondisi normal. Untuk rekomendasi II terdapat 25 stasiun hujan dengan penambahan 13 stasiun hujan baru. Langkah-langkah untuk mengplotkan stasiun hujan rekomendasi adalah sebagai berikut:

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



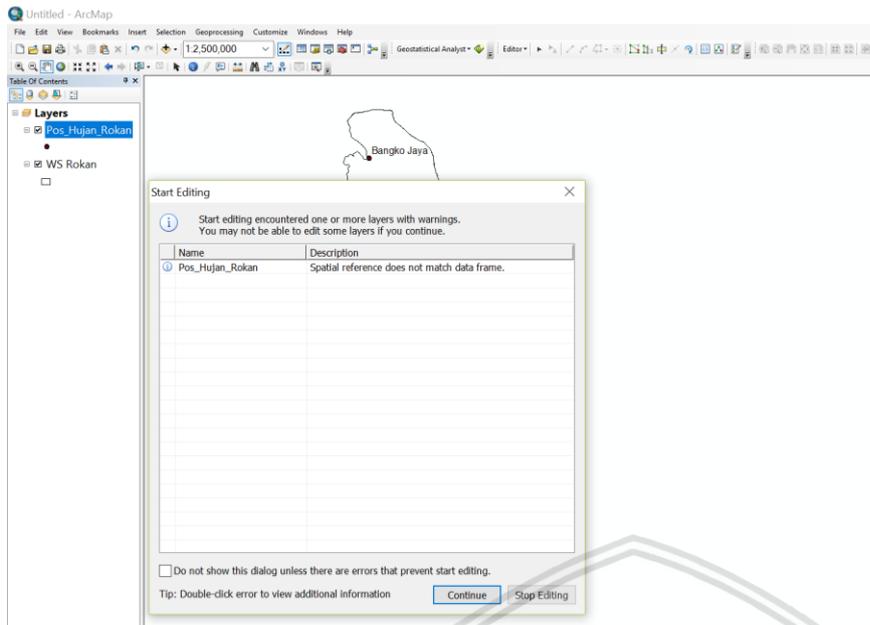
Gambar 4.20 Memulai edit pada layer yang akan ditambah atau dikurangi
Sumber: Aplikasi ArcMap GIS 10.2

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



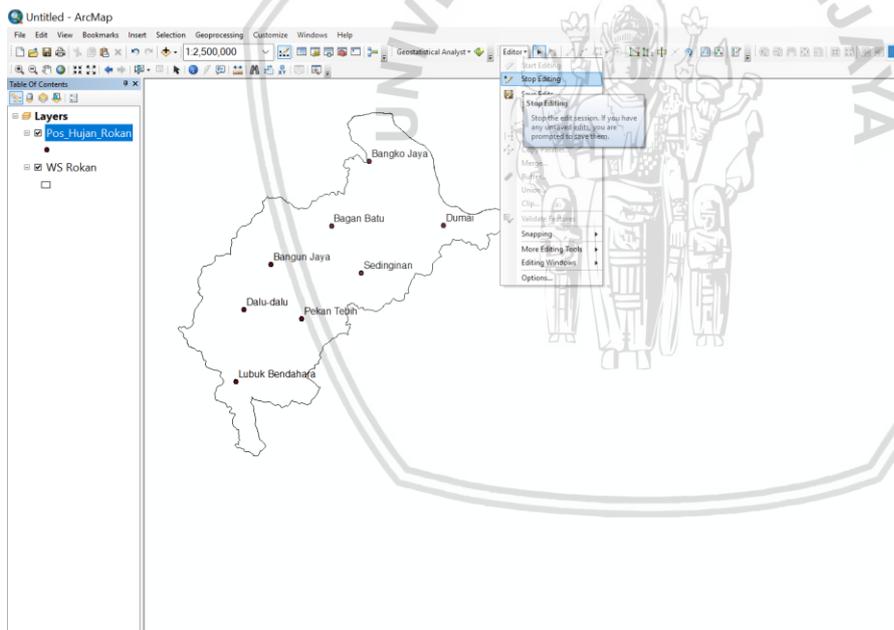
Gambar 4.21 Tampilan *Start Editing*
Sumber: Aplikasi ArcMap GIS 10.2

- 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 Provinsi Riau dengan meng-Klik pada titik yang akan ditambah atau dikurangi.



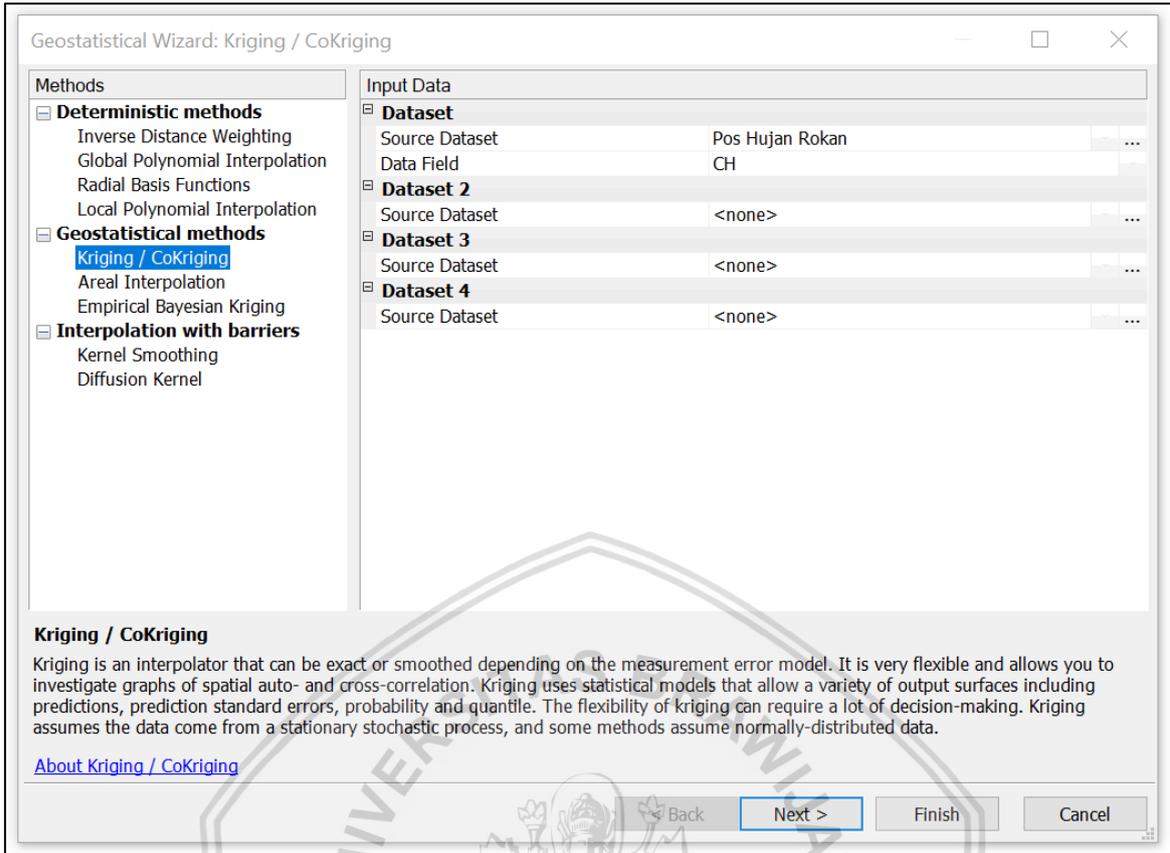
Gambar 4.22 Tampilan *Start Editing*
Sumber: Aplikasi ArcMap GIS 10.2

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



Gambar 4.23 Tampilan *Stop Editing* dan *Save Editing*
Sumber: Aplikasi ArcMap GIS 10.2

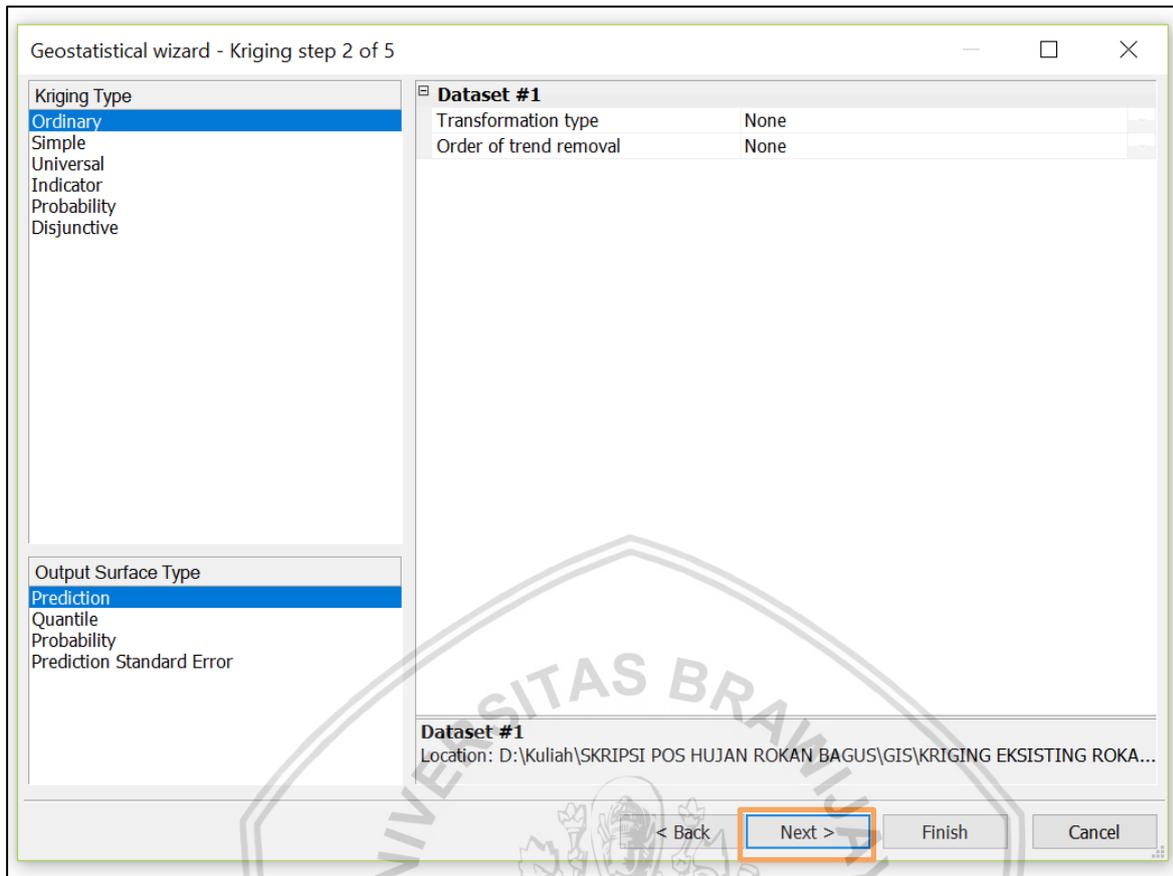
10. Untuk nilai curah hujan tahunan pada stasiun hujan rekomendasi didapat dari nilai curah hujan tahunan pada stasiun hujan eksisting, dimana letak stasiun hujan rekomendasi berada pada luasan daerah pengaruh stasiun hujan eksisting. Untuk memasukkan nilai curah hujan tahunan pada stasiun hujan rekomendasi menggunakan cara yang sama seperti pada stasiun hujan eksisting.



Gambar 4.24 Pemilihan Input Data, Metode dan Atribut

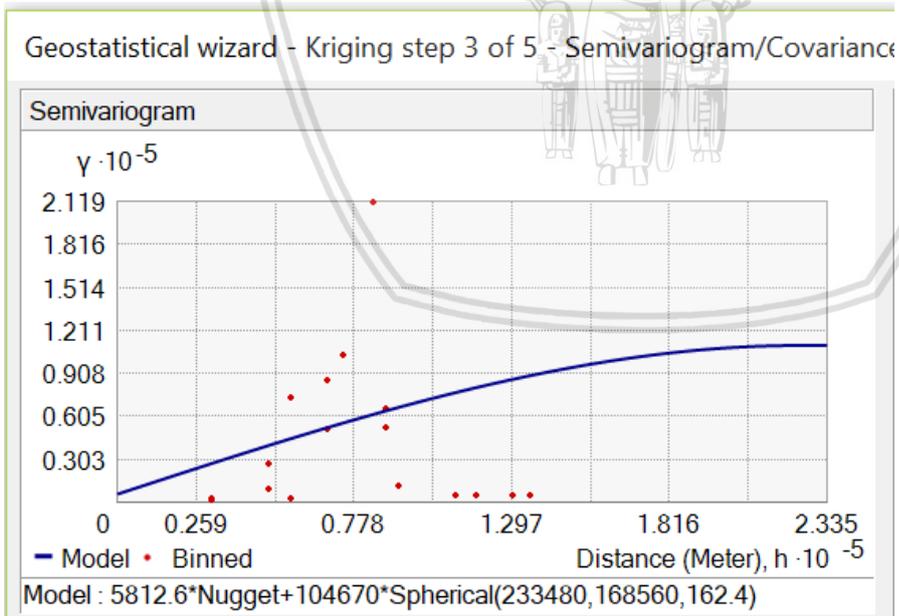
Sumber: Aplikasi ArcMap GIS 10.2.2





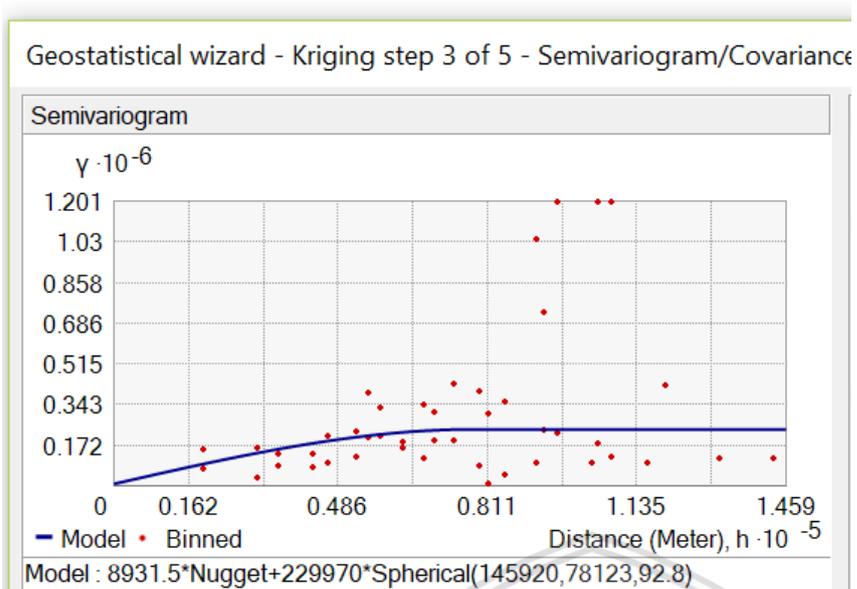
Gambar 4.25 Pemilihan Metode (*Ordinary* Kriging)

Sumber: Aplikasi ArcMap GIS 10.2.2

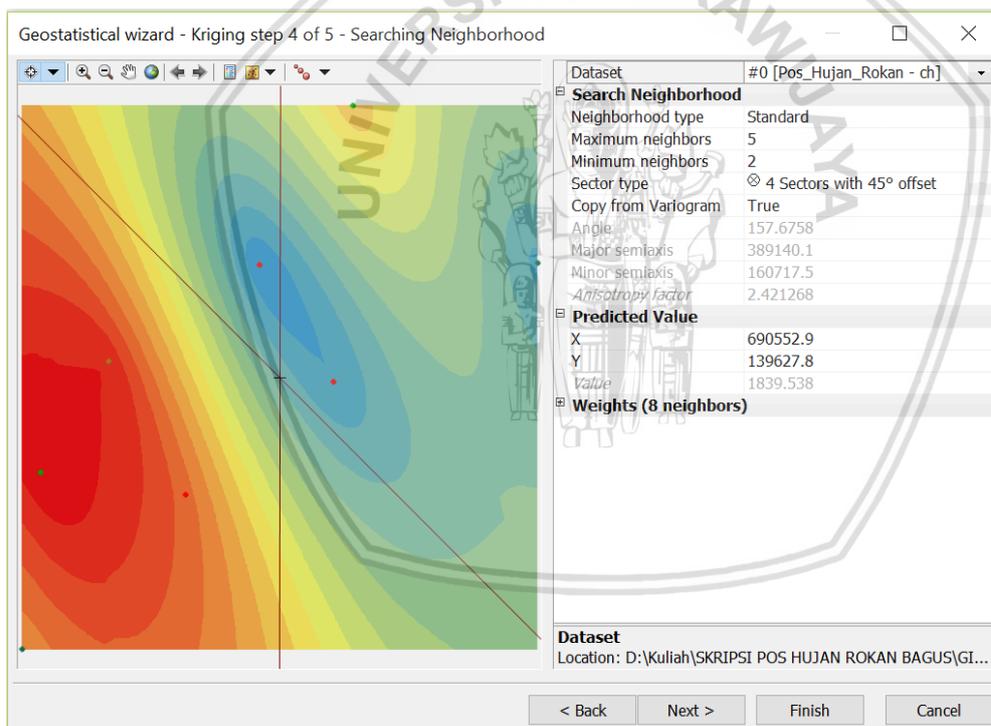


Gambar 4.26 Semivariogram Curah Hujan Hasil *Binning* Rekomendasi I

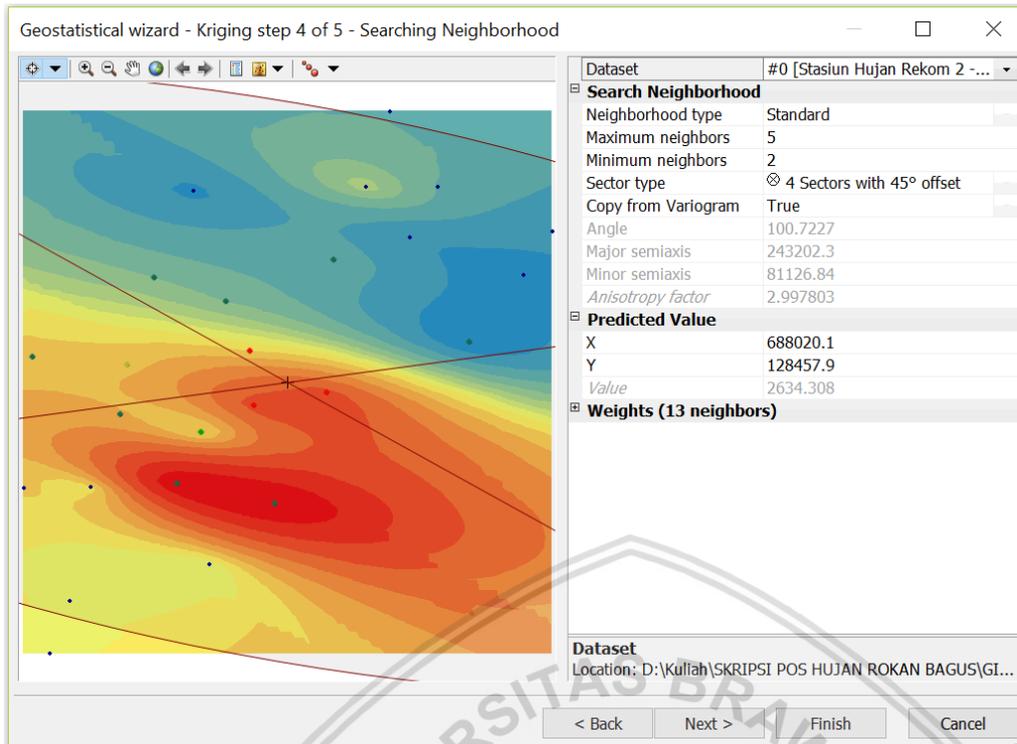
Sumber: Hasil Analisa Metode Kriging pada Aplikasi ArcMap GIS 10.2.2



Gambar 4.27 Semivariogram Curah Hujan Hasil *Binning* Rekomendasi II
Sumber: Hasil Analisa Metode Kriging pada Aplikasi ArcMap GIS 10.2.2

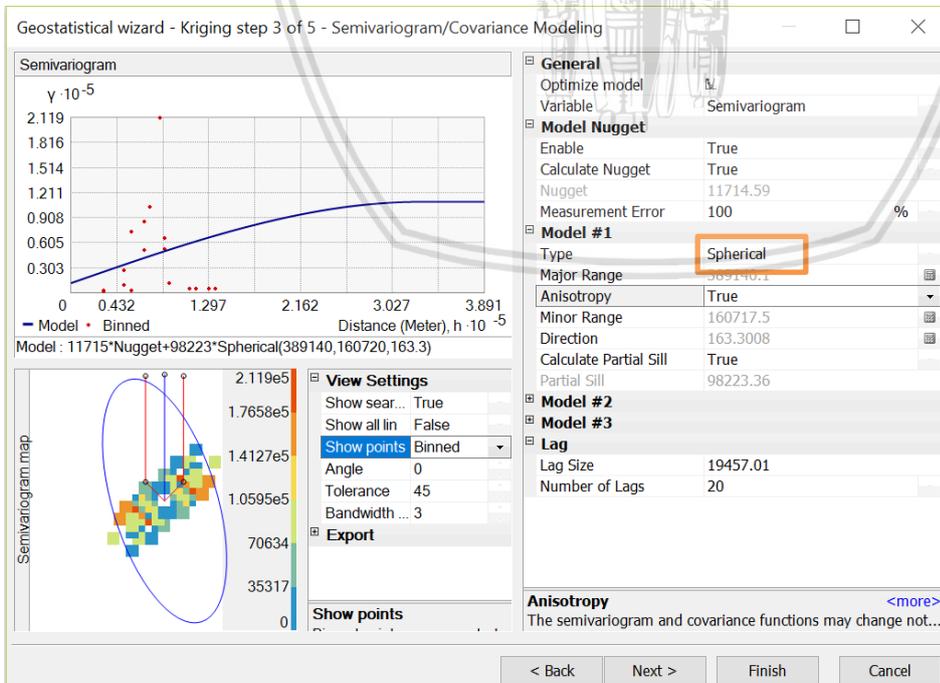


Gambar 4.28 Semivariogram Curah Hujan Hasil *Binning* Rekomendasi I
Sumber: Hasil Analisa Metode Kriging pada Aplikasi ArcMap GIS 10.2.2

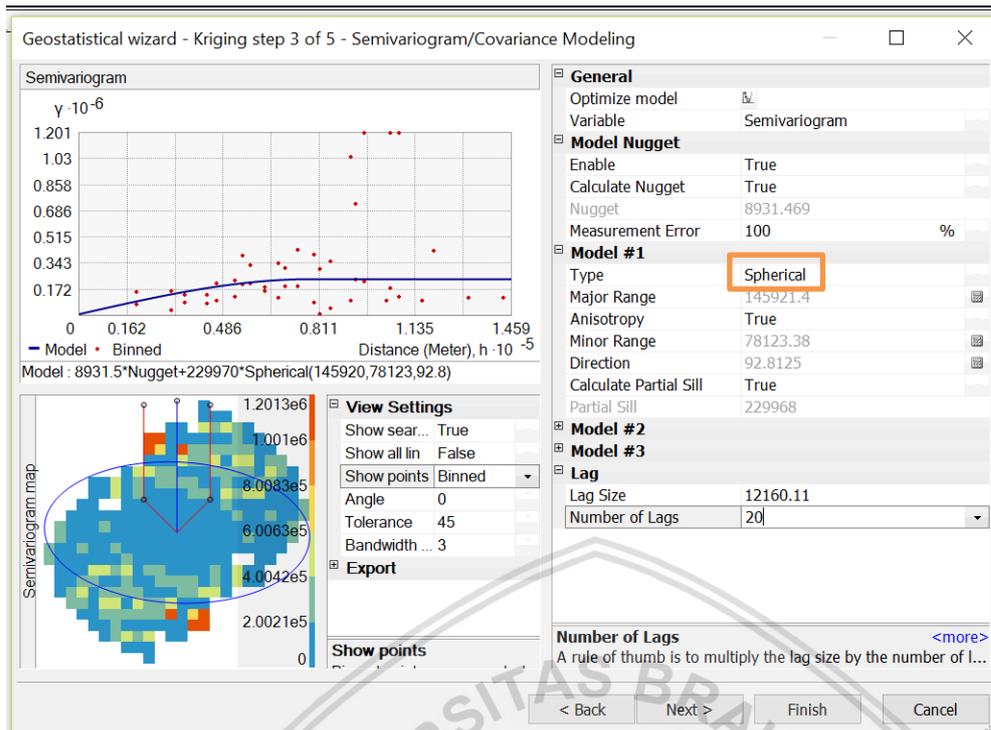


Gambar 4.29 Semivariogram Curah Hujan Hasil *Binning* Rekomendasi II
Sumber: Hasil Analisa Metode Kriging pada Aplikasi ArcMap GIS 10.2.2

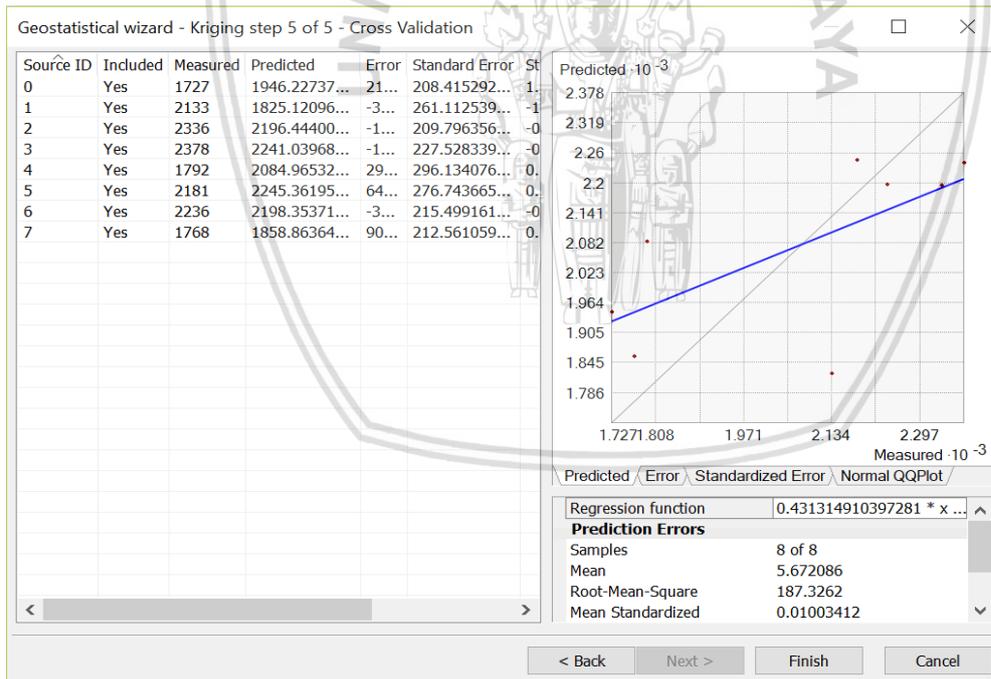
11. Setelah *binning*, dilakukan permodelan semivariogram dengan menggunakan tiga model semivariogram baku yaitu *spherical*, *exponential*, dan *gaussian*. Ketiga model tersebut merupakan model yang sering digunakan dalam metode Kriging.



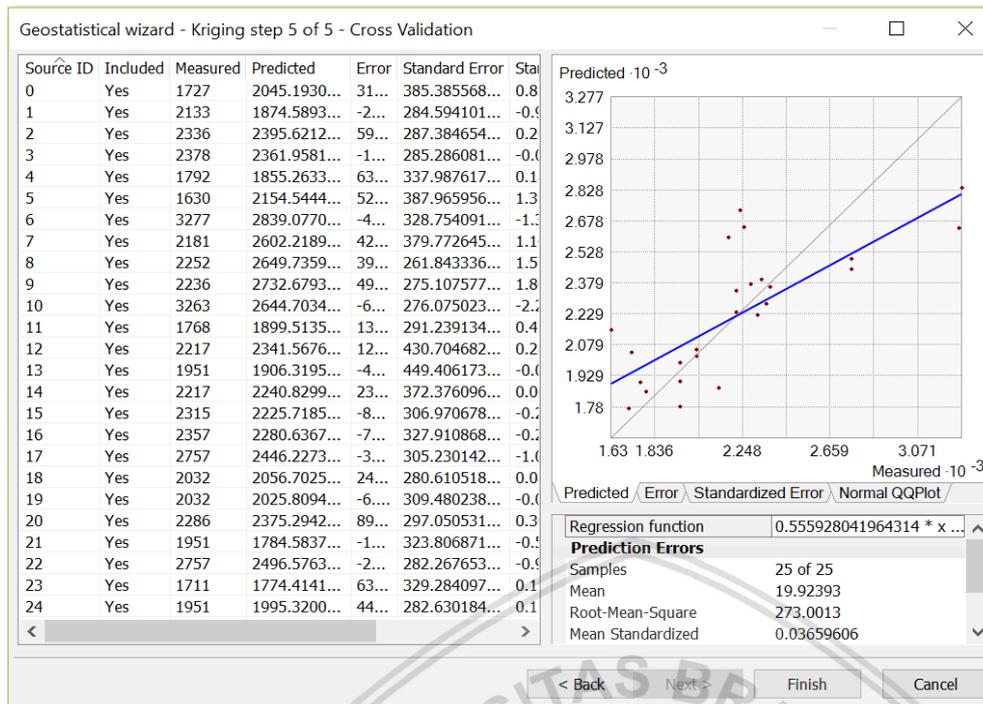
Gambar 4. 30 Permodelan Semivariogram *Spherical* Rekomendasi I
Sumber: Hasil Analisa Metode Kriging pada Aplikasi ArcMap GIS 10.2.2



Gambar 4.31 Permodelan Semivariogram *Spherical* Rekomendasi II
Sumber: Hasil Analisa Metode Kriging pada Aplikasi ArcMap GIS 10.2.2



Gambar 4.32 Permodelan Semivariogram *Exponential* Rekomendasi I
Sumber: Hasil Analisa Metode Kriging pada Aplikasi ArcMap GIS 10.2.2



Gambar 4.33 Permodelan Semivariogram *Exponential* Rekomendasi II
Sumber: Hasil Analisa Metode Kriging pada Aplikasi ArcMap GIS 10.2.2

Tabel 4.18

Cross Validation Model Semivariogram pada Stasiun Hujan Rekomendasi I (8 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	Bagan Batu	1727.0	1946.2	-219.2	48060.6	219.2
2	Bangko Jaya	2133.0	1825.1	307.9	94789.5	307.9
3	Bangun Jaya	2336.0	2196.4	139.6	19475.9	139.6
4	Dalu-Dalu	2378.0	2241.0	137.0	18758.2	137.0
5	Dumai	1792.0	2085.0	-293.0	85828.7	293.0
6	Lubuk Bendahara	2181.0	2245.4	-64.4	4142.5	64.4
7	Pekan Tebih	2236.0	2198.4	37.6	1417.2	37.6
8	Sedinginan	1768.0	1858.9	-90.9	8256.2	90.9
Jumlah					280728.7	1289.5

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.19

Cross Validation Model Semivariogram pada Stasiun Hujan Rekomendasi II (25 Stasiun Hujan dengan kondisi ideal – normal)

No	Nama Stasiun Hujan	Curah Hujan Sebenarnya (mm/tahun)	Curah Hujan Prediksi (mm/tahun)	Galat (mm/tahun)	Kuadrat Galat	Galat Mutlak
1	Bagan Batu	1727.0	2045.2	-318.2	101251.2	318.2
2	Bangko Jaya	2133.0	1874.6	258.4	66770.6	258.4
3	Bangun Jaya	2336.0	2395.6	-59.6	3552.2	59.6
4	Dalu-Dalu	2378.0	2361.9	16.1	259.2	16.1
5	Dumai	1792.0	1855.3	-63.3	4006.9	63.3
6	Duri	1630.0	2154.5	-524.5	275100.3	524.5
7	Kota Lama	3277.0	2839.0	438.0	191844.0	438.0

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Lanjutan Tabel 4.19

Cross Validation Model Semivariogram pada Stasiun Hujan Rekomendasi II (25 Stasiun Hujan dengan kondisi ideal – normal)

No	Nama Stasiun Hujan	Curah Hujan Sebenarnya (mm/tahun)	Curah Hujan Prediksi (mm/tahun)	Galat (mm/tahun)	Kuadrat Galat	Galat Mutlak
8	Lubuk Bendarahara	2181.0	2602.2	-421.2	177409.4	421.2
9	Pasar Tangun	2252.0	2649.7	-397.7	158165.3	397.7
10	Pekan Tebih	2236.0	2732.7	-496.7	246710.9	496.7
11	Rambah Utama	3263.0	2644.7	618.3	382294.9	618.3
12	Sedingin	1768.0	1899.5	-131.5	17292.3	131.5
13	Stasiun A	2216.5	2341.6	-125.1	15650.0	125.1
14	Stasiun B	1950.5	1906.3	44.2	1953.6	44.2
15	Stasiun C	2216.5	2240.8	-24.3	590.5	24.3
16	Stasiun D	2315.0	2225.7	89.3	7974.5	89.3
17	Stasiun E	2357.0	2280.6	76.4	5837.0	76.4
18	Stasiun F	2756.5	2246.2	510.3	260406.1	510.3
19	Stasiun G	2031.5	2056.7	-25.2	635.0	25.2
20	Stasiun H	2031.5	2025.8	5.7	32.5	5.7
21	Stasiun I	2286.0	2375.3	-89.3	7974.5	89.3
22	Stasiun J	1950.5	1784.6	165.9	27522.8	165.9
23	Stasiun K	2756.5	2496.6	259.9	67548.0	259.9
24	Stasiun L	1711.0	1774.4	-63.4	4019.6	63.4
25	Stasiun M	1950.5	1995.3	-44.8	2007.0	44.8
Jumlah					2026808.2	5267.3

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

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

- CH Sebenarnya = 1727,0 mm/tahun
- CH Prediksi = 1946,2, mm/tahun (hasil dari interpolasi Kriging pada stasiun hujan Bagan Batu)
- Galat = CH. Sebenarnya – CH. Prediksi
= 1727,0 – 1946,2
= -219,2 mm/tahun
- Kuadrat Galat = Galat²
= (-219,2)²
= 48060,6 mm/tahun
- Galat Mutlak = |-219,2|
= 219,2 mm/tahun

Dengan persamaan (2-32) dan (2-34) dapat dihitung nilai RMSE dan MAE untuk masing-masing model semivariogram sebagai berikut:

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

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{\frac{280728,7}{8}} \\
 &= 187,326 \\
 \text{MAE} &= \frac{\sum_{i=1}^n |e_i|}{n} \\
 &= \frac{1289,5}{8} \\
 &= 161,182
 \end{aligned}$$

12. 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 4.20.

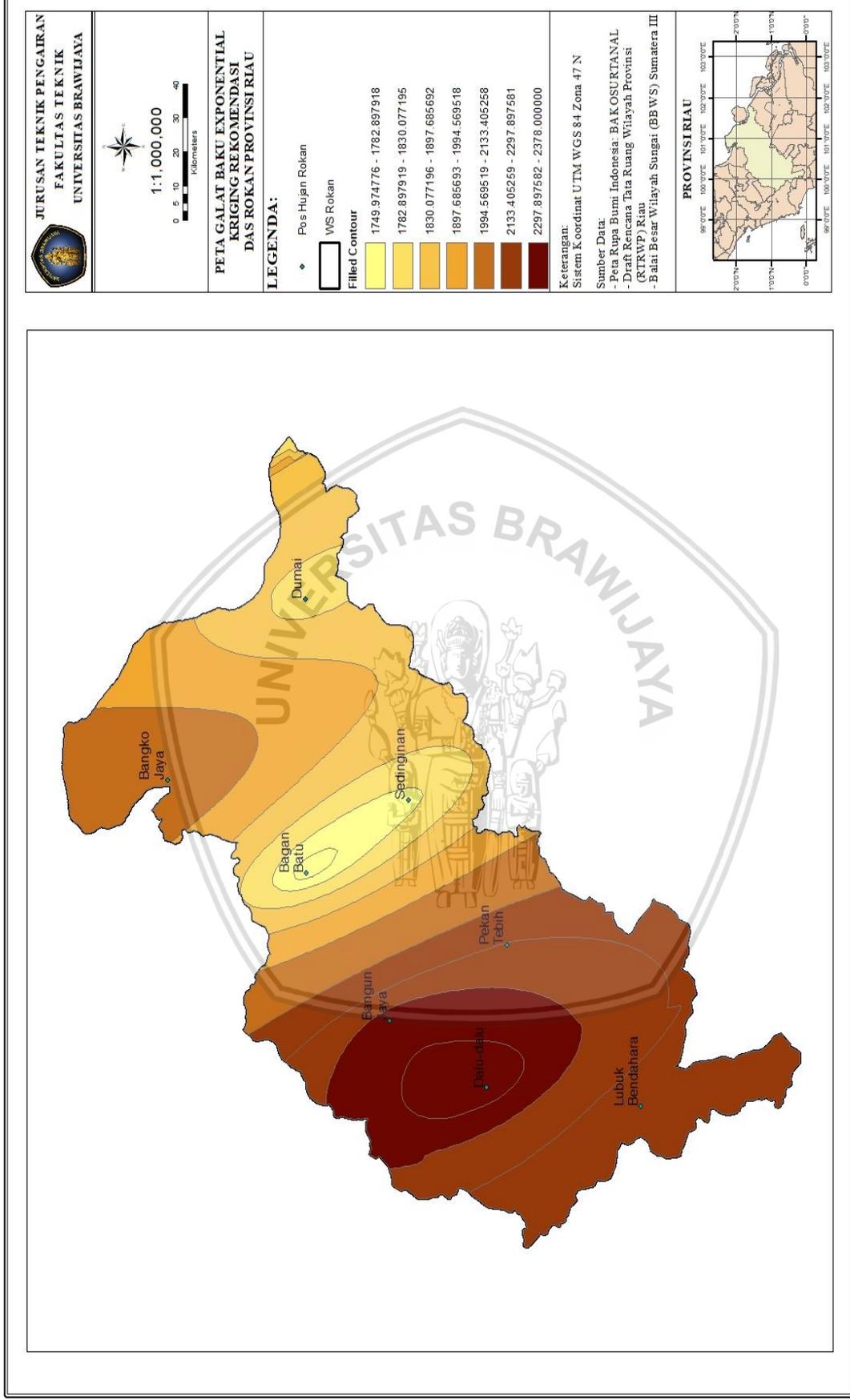
Tabel 4.20

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

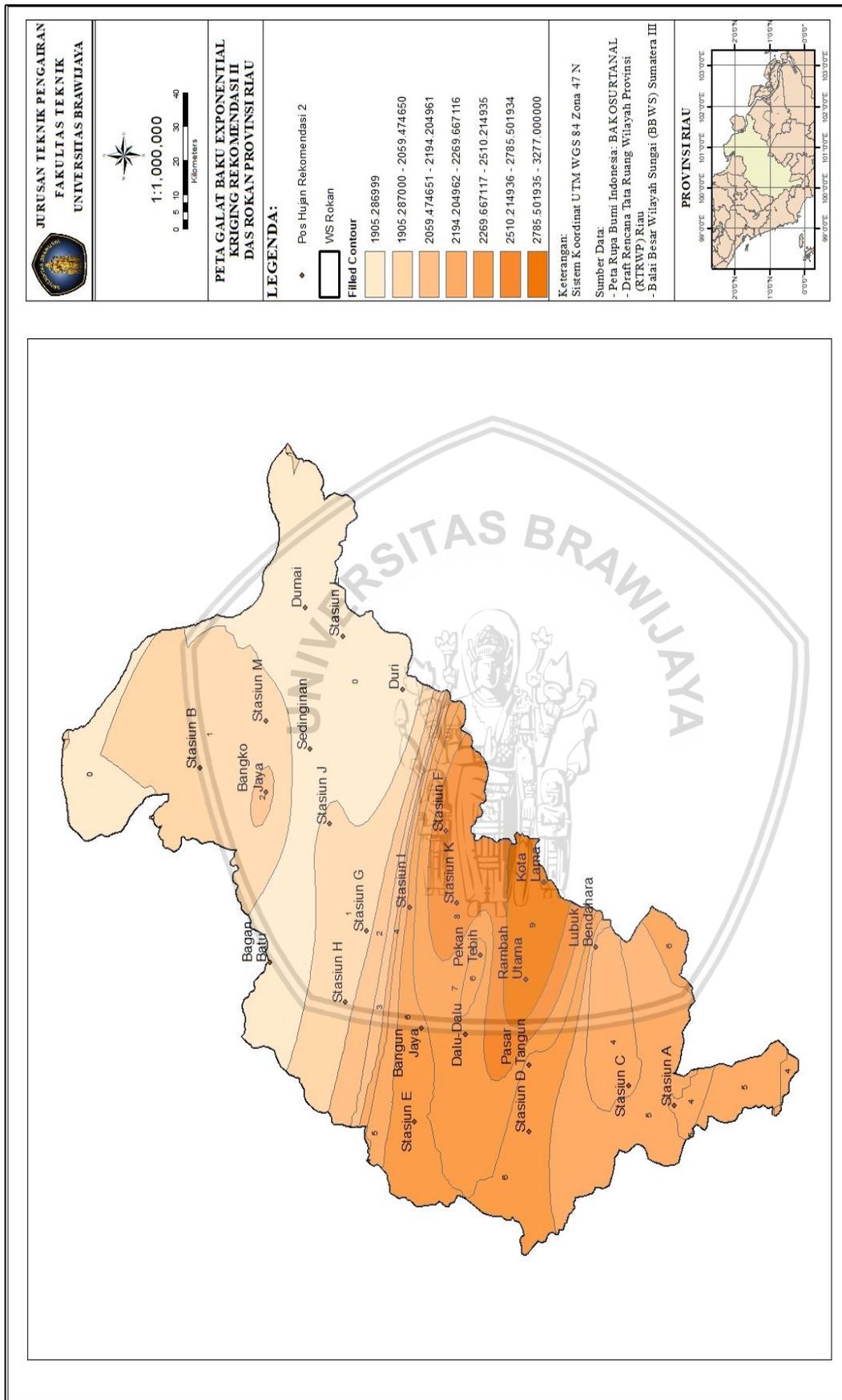
Model Semivariogram	RMSE			MAE		
	Eksisting	Rekomendasi I	Rekomendasi II	Eksisting	Rekomendasi I	Rekomendasi II
<i>Spherical</i>	429.2	213.0	285.4	362.9	190.6	200.144
<i>Exponential</i>	405.4	187.3	284.7	357.9	161.2	210.692
<i>Gaussian</i>	450.5	235.4	311.6	370.2	222.4	224.628

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat bahwa nilai RMSE dan MAE *Exponential* pos hujan rekomendasi lebih kecil dibandingkan nilai RMSE dan MAE *Exponential* pos hujan eksisting, sehingga pos rekomendasi hasil interpolasi Kriging dapat diterima dan bisa diterapkan pada WS Rokan. Untuk peta galat baku prediksi stasiun hujan rekomendasi disajikan pada Gambar 4.34, 4.35.



Gambar 4.34 Peta Galat Baku Prediksi Stasiun Hujan Rekomendasi I
Sumber: Hasil Penggambaran, 2018



Gambar 4.35 Peta Galat Baku Prediksi Stasiun Hujan Rekomendasi II
Sumber: Hasil Penggambaran, 2018

4.5. 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 (2-35) Stasiun Hujan Kedungdung Rekomendasi I:

$$\begin{aligned}
 KR &= \left(\frac{X_a - X_b}{X_a} \right) \times 100 \\
 &= \left(\frac{1727,0 - 1946,2}{1727,0} \right) \times 100 \\
 &= 12,7 \%
 \end{aligned}$$

Tabel 4.21

Perhitungan Kesalahan Relatif Stasiun Hujan Rekomendasi I

No	Nama Stasiun Hujan	Curah Hujan Sebenarnya	Curah Hujan Prediksi	KR (%)
		(mm/tahun)	(mm/tahun)	
1	Bagan Batu	1727.000	1946.2	12.7%
2	Bangko Jaya	2133.000	1825.1	14.4%
3	Bangun Jaya	2336.000	2196.4	6.0%
4	Dalu-Dalu	2378.000	2241.0	5.8%
5	Dumai	1792.000	2085.0	16.3%
6	Lubuk Bendahara	2181.000	2245.4	3.0%
7	Pekan Tebih	2236.000	2198.4	1.7%
8	Sedinginan	1768.000	1858.9	5.1%
Rata-rata KR				8.1%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.22

Perhitungan Kesalahan Relatif Stasiun Hujan Rekomendasi II

No	Nama Stasiun Hujan	Curah Hujan Sebenarnya	Curah Hujan Prediksi	KR (%)
		(mm/tahun)	(mm/tahun)	
1	Bagan Batu	1727.000	2045.2	18.4%
2	Bangko Jaya	2133.000	1874.6	12.1%
3	Bangun Jaya	2336.000	2395.6	2.6%
4	Dalu-Dalu	2378.000	2361.9	0.7%
5	Dumai	1792.000	1855.3	3.5%
6	Duri	1630.000	2154.5	32.2%
7	Kota Lama	3277.000	2839.0	13.4%
8	Lubuk Bendahara	2181.000	2602.2	19.3%
9	Pasar Tangun	2252.000	2649.7	17.7%
10	Pekan Tebih	2236.000	2732.7	22.2%
11	Rambah Utama	3263.000	2644.7	18.9%
12	Sedinginan	1768.000	1899.5	7.4%
13	Stasiun A	2216.500	2341.6	5.6%
14	Stasiun B	1950.500	1906.3	2.3%
15	Stasiun C	2216.500	2240.8	1.1%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Lanjutan Tabel 4.22

Perhitungan Kesalahan Relatif Stasiun Hujan Rekomendasi II

No	Nama Stasiun Hujan	Curah Hujan Sebenarnya (mm/tahun)	Curah Hujan Prediksi (mm/tahun)	KR (%)
16	Stasiun D	2315.000	2225.7	3.9%
17	Stasiun E	2357.000	2280.6	3.2%
18	Stasiun F	2756.500	2246.2	18.5%
19	Stasiun G	2031.500	2056.7	1.2%
20	Stasiun H	2031.500	2025.8	0.3%
21	Stasiun I	2286.000	2375.3	3.9%
22	Stasiun J	1950.500	1784.6	8.5%
23	Stasiun K	2756.500	2496.6	9.4%
24	Stasiun L	1711.000	1774.4	3.7%
25	Stasiun M	1950.500	1995.3	2.3%
Rata-rata KR				9.3%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Rekomendasi II memiliki kesalahan relatif paling rendah dibandingkan rekomendasi yang lain dengan jumlah stasiun hujan sebanyak 25 stasiun hujan dan besar rata-rata kesalahan relatif kurang dari 10%. Sehingga rekomendasi stasiun hujan yang dipilih atau direkomendasikan dalam studi ini adalah stasiun hujan rekomendasi II.

Tabel 4.23

Rekapitulasi Kesalahan Relatif Stasiun Hujan Rekomendasi Kriging

Stasiun Hujan Kriging	Kesalahan Relatif Spherical	Kesalahan Relatif Exponential	Kesalahan Relatif Gaussian
Rekomendasi I	9,6%	8,1%	11,2%
Rekomendasi II	8,7%	9,3%	9,7%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari studi sebagai berikut:

1. Berdasarkan rekomendasi WMO (*World Meteorological Organization*) dengan ketentuan kerapatan stasiun hujan 900 – 3000 km²/stasiun untuk daerah pegunungan tropis mediteran dan sedang, WS Rokan dengan luas adalah 22.324 km² memiliki kondisi kerapatan yang tidak normal untuk setiap stasiun hujan.
2. Hasil analisa Metode Evaluasi Stasiun Hujan, diantaranya:

Hasil metode Kriging, penentuan letak stasiun hujan baru dilakukan dengan cara simulasi yang didasarkan pada peta galat baku prediksi stasiun hujan eksisting yang terbentuk dari hasil metode Kriging. Rekomendasi stasiun hujan dilakukan dengan mengurangi stasiun hujan untuk mendapatkan jumlah minimum pos hujan yang dapat memberikan hasil optimal pada WS Rokan.

Analisa metode kriging ini menggunakan 2 rekomendasi yaitu rekomendasi I dan rekomendasi II.

- Rekomendasi I, pengurangan stasiun hujan eksisting berdasarkan stasiun hujan yang tidak lolos pada uji penyaringan data (4 stasiun hujan yang dihilangkan) dengan jumlah total 8 stasiun hujan.
- Rekomendasi II penambahan stasiun hujan termasuk eksisting menurut kondisi ideal - normal (sebanyak 13 stasiun hujan) dengan jumlah total 25 stasiun hujan.

Keoptimalan letak pos hujan rekomendasi dilihat dari perbandingan nilai RMSE dan MAE antara pos hujan eksisting dan pos hujan rekomendasi. Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa nilai RMSE pos hujan rekomendasi I lebih kecil daripada pos hujan eksisting yaitu dengan nilai RMSE 187,3 (pada metode *Exponential*) serta nilai MAE 161,2 (pada metode *Exponential*).

3. Berdasarkan rekomendasi WMO (*World Meteorological Organization*) WS Rokan dengan luas adalah 22.324 km² dengan Rekomendasi I dan Rekomendasi II.
 - Rekomendasi I dengan 8 stasiun hujan dengan nilai RMSE 187,3 (pada metode *Exponential*) dan nilai MAE 161,2 (pada metode *Exponential*).



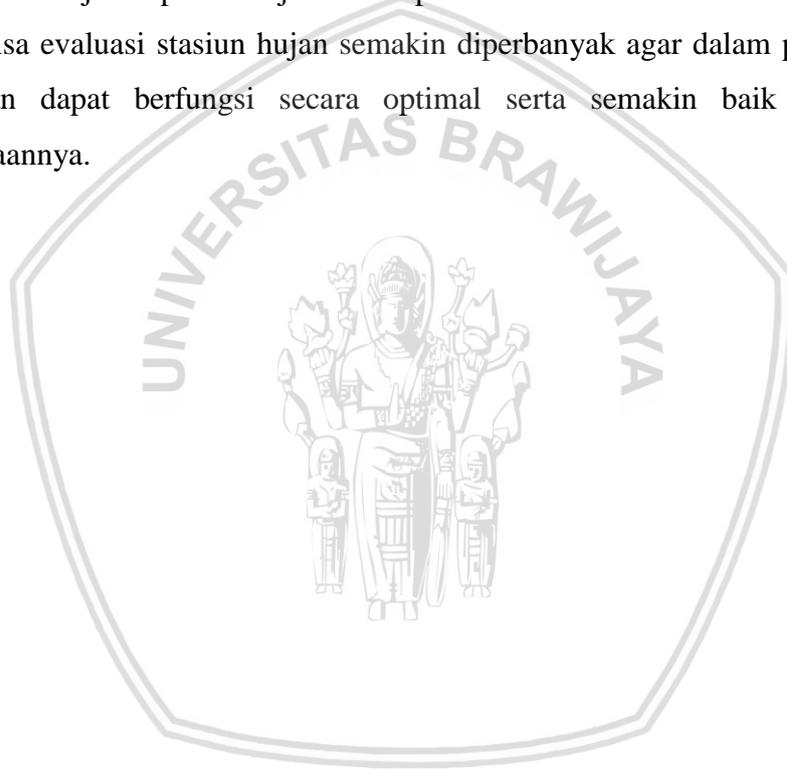
- Rekomendasi II dengan 25 stasiun hujan dengan nilai RMSE 285,4 (pada metode *Spherical*) dan nilai MAE 200,1 (pada metode *Spherical*).

Maka dari hasil RMSE dan MAE di atas Rekomendasi I terpilih sebagai Rekomendasi terbaik karena memiliki nilai RMSE dan MAE terkecil.

5.2. Saran

Saran yang dapat diajukan pada studi ini sebagai berikut:

1. Stasiun hujan yang ada di WS Rokan dinilai berlebihan dan kurang efektif, sehingga disarankan untuk mengurangi jumlah stasiun hujan atau memindahkan stasiun hujan yang ada dengan jarak antar stasiun dapat mewakili setiap luasan daerah pengaruhnya sehingga stasiun hujan dapat bekerja secara optimal.
2. Metode analisa evaluasi stasiun hujan semakin diperbanyak agar dalam peletakannya stasiun hujan dapat berfungsi secara optimal serta semakin baik lagi dalam penyempurnaannya.



DAFTAR PUSTAKA

- Arifah, S. (2018). *Rasionalisasi Jaringan Pos Stasiun Hujan Pada DAS Kemuning Sampang Menggunakan Metode Kagan-Rodda dan Kriging dengan Mempertimbangkan Aspek Topografi*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Asdak, C. (2004). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Badan Standarisasi Nasional. (2004). *RSNI T-02-2004 Tata Cara Penghitungan Hujan Maksimum Bolehjadi dengan Metode Hersfield*. Jakarta: BSN.
- Blesdale, A. (1965), *Raingauge Network Development and Design With Special Reference to UK, Design of Hydrological Network*, Vol. I, IASH Publication No. 67, pp 146 -154.
- Chow, V.T., Maidment, D.R., and Mays, L.W. (1988). *Applied Hydrology*. Singapore: McGrawHill Book Company.
- Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. (2016). *Panduan Penulisan Skripsi*. Malang: Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Harto Br, S. (1990). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM.
- Harto Br, S. (1993). *Analisis Hidrologi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Limantara, L. M. (2009). *Hidrologi Dasar*. Malang: Tirta Media.
- Limantara, L. M. (2010). *Hidrologi Praktis*. Malang: Tirta Media.
- Linsley, RK, Kohler, M.A dan Paulhus. (1986). *Hidrologi Untuk Insinyur* (Terjemahan). Jakarta: Erlangga. Juli 1998.
- Pemerintah Indonesia. (2011). *Peraturan Pemerintah Nomor 38 tahun 2011 tentang Sungai*. Jakarta.
- Prahasta, E. (2001). *Konsep-konsep Dasar Sistem Informasi Geografis*. Bandung: Informatika
- Putri, F.R., (2018). *Rasionalisasi Jaringan Pos Stasiun Hujan Pada Sub DAS Widas Kabupaten Nganjuk Menggunakan Metode Kagan-Rodda dan Kriging dengan Mempertimbangkan Aspek Topografi*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Ranesa, L.S.C., Limantara, L. M., & Harisuseno, D., (2015). *Analisis Rasionalisasi Jaringan Pos Hujan Untuk Kalibrasi Hidrograf Pada DAS Babak Kabupaten Lombok Tengah*. Jurnal Teknik Pengairan, Volume 6, Nomor 1, hlm.46-54.
- Seyhan, E. (1990). *Dasar-dasar Hidrologi* (Terjemahan). Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Soemarto, CD. (1986). *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.

- Soewarno. (1995). *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*. Jilid 1. Bandung: Penerbit NOVA.
- Soewarno. (1995). *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*. Jilid 2. Bandung: Penerbit NOVA.
- Sosrodarsono, Suyono, Takeda, Ken. (1989). *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Varshney, R.S. (1979). *Engineering Hydrology*. Second Edition. New Delhi: Nem Chand & Bross.
- Wilson. E.M. (1976). *Hidrology Teknik*. London: The Mac Milan Press Ltd.
- World Meteorological Organization. (1981). *Guide to Hydrological Practices*, 4th edition. Geneva Switzerland: WMO no 168.
- World Meteorological Organization. (1972). *Guide to Hydrological Practices*, 4th edition. Geneva Switzerland: WMO no 324.

