



**ESTIMASI CURAH HUJAN MAKSIMUM BOLEH JADI DI  
DAERAH ALIRAN SUNGAI DI KABUPATEN SITUBONDO  
MENGUNAKAN METODE *HERSFIELD***

**SKRIPSI**

Oleh

**RATNA OKTAVIA BUDIONO  
NIM 111910301017**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2014**



**ESTIMASI CURAH HUJAN MAKSIMUM BOLEH JADI  
DI DAERAH ALIRAN SUNGAI DI KABUPATEN SITUBONDO  
MENGUNAKAN METODE *HERSFIELD***

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 Teknik Sipil  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**RATNA OKTAVIA BUDIONO  
NIM 111910301017**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2014**

## PERSEMBAHAN

Sebuah dakian menuju puncak impian yang terkikis sedikit demi sedikit. Ketidakpercayaan atas kemampuan dalam mewujudkan kewajiban dalam agama-Mu (menuntut ilmu), *Alhamdulillah* telah Engkau kabulkan mimpiku Ya Allah.

Akhirnya, kupersembahkan tugas akhir ini untuk:

1. Kedua Orangtuaku, Ibunda tercinta Titik Karmini yang senantiasa mendoakan anakmu ini. Ayahku tercinta Budiono yang telah memberikan semangat, do'a dan dukungan finansial dan hal lain yang tak terhitung nilainya;
2. Ketiga adek-adekku, Rano Deni S. Budiono, Raditya F. Budiono dan Rahmad Zanuarta selalu mendukungku ketika terjatuh untuk bangkit lagi, lagi dan lagi;
3. Dr. Ir. Entin hidayah, M.UM dan Sri Wahyuni, ST., MT., Phd yang telah membimbingku dengan sabar;
4. *UPT WS DAS Sampean* Bondowoso, Dinas Pengairan Kab. Situbondo yang telah banyak memberikan informasi;
5. Arif Dp, Mas Faruq, Mas Afif, Rizky Tri, Moh Rizal, Phiena, Mbak Aar, Dol Peri, Fiqi, Bleki, Fuad, Miku (Iwan H), Bang Bima, Ucond yang telah ikut membantu dalam skripsi ini;
6. Aa Arif Fajri H terimakasih atas pemakluman dan support dalam keadaan apapun;
7. Sahabat "Rumpik Sekawan" terimakasih bantuannya;
8. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai perguruan tinggi yang telah memberikan ilmu dan membimbingku dengan sabar;
9. Teman-teman Teknik Sipil Universitas Jember angkatan 2011, Terimakasih atas persahabatan yang tak akan pernah terlupakan, dukungan serta semangat yang tiada henti;
10. Almamater Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

## MOTO

Yakinlah Ada Sesuatu Yang Menantimu Selepas Banyak Kesabaran (Yang Kau Jalani) Yang Akan Membuatmu Terpana Hingga Kau Lupa Pedihnya Rasa Sakit.  
( Imam Ali bin Abi Thalib As)<sup>\*)</sup>

Menjadi Kuat Bukan Berarti Kamu Tahu Segalanya. Bukan Berarti Kamu Tidak Bisa Hancur. Kekuatanmu Ada Pada Kemampuanmu Bangkit Lagi Setelah Berkali-Kali Jatuh. Jangan Pikirkan Kamu Sampai Dimana Dan Kapan. Tidak Ada Yang Tahu.  
Your Strength Is Simply Your Will To Go On.

(Dee, Supernova : Partikel)<sup>\*\*)</sup>

Tiada suatu usaha yang besar akan berhasil tanpa dimulai dari usaha yang kecil.<sup>\*\*\*)</sup>

---

\*) Imam Ali bin Abi Thalib AS. 2014. <https://farichnovrinasandy.wordpress.com/page/2/>

\*\*\*) Dee Lestari. 2004. *Supernova #4 Partikel*. Jakarta: Bentang Pustaka.

\*\*\*\*) Joeniarto, 1967 dalam Mulyono, E. 1998. *Beberapa Permasalahan Implementasi Konvensi Keanekaragaman Hayati dalam Pengelolaan Taman Nasional Meru betiri*. Tesis magister, tidak dipublikasikan.

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama: Ratna Oktavia Budiono.

NIM : 101910301017

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "Estimasi Curah Hujan Maksimum Boleh Jadi di Daerah Aliran Sungai di Kabupaten Situbondo Menggunakan Metode *Hersfield*" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 29 Desember 2014

Yang menyatakan,

Ratna Oktavia Budiono  
NIM 111910301017

**SKRIPSI**

**ESTIMASI CURAH HUJAN MAKSIMUM BOLEH JADI  
DI DAERAH ALIRAN SUNGAI DI KABUPATEN SITUBONDO  
MENGUNAKAN METODE *HERSFIELD***

Oleh

Ratna Oktavia Budiono  
NIM 111910301017

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.

Dosen Pembimbing Anggota : Sri Wahyuni, ST., MT., Phd.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Estimasi Curah Hujan Maksimum Boleh Jadi Di Daerah Aliran Sungai Di Kabupaten Situbondo Menggunakan Metode *Hersfield* ” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Senin, 29 Desember 2014

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tim Penguji:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.  
NIP. 19661215 199503 2 001

Sri Wahyuni, S.T., MT., Ph.D  
NIP. 19711209 199803 2 001

Penguji I,

Penguji II,

Wiwik Yunarni Widiarti, S.T., MT  
NIP. 19700613 199802 2 001

Syamsul Arifin, S.T., MT  
NIP. 19690709 199802 1 001

Mengesahkan  
Dekan,

Ir. Widyono Hadi, M.T.  
NIP. 19610414 198902 1 001

## RINGKASAN

**Estimasi Curah Hujan Maksimum Boleh Jadi Di Daerah Aliran Sungai Di Kabupaten Situbondo Menggunakan Metode *Hersfield***; Ratna Oktavia Budiono., 111910301017; 2014: 44 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Bencana banjir di Kabupaten Situbondo terjadi hampir setiap tahun. Bencana banjir yang terbesar terjadi pada tahun 2008 dan 2012. Kejadian banjir ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain, tingginya intensitas hujan yang disertai kondisi air laut pasang yang mengakibatkan air sungai tidak bisa mengalir secara langsung ke laut. Ditambah lagi keadaan topografi daerah hulu yang berada pada dataran tinggi dan daerah hilir yang terletak didataran rendah dekat pantai sehingga menyebabkan genangan.

Berbagai cara struktural untuk mengantisipasi banjir dapat diperoleh dengan menentukan debit banjir rencana sebagai dasar penentuan desain struktur hidrolis. Prediksi banjir tersebut memerlukan data curah hujan yang mencakup seluruh wilayah Menurut RNSI (2012) untuk kondisi wilayah di mana data meteorologi sangat kurang atau perlu perkiraan hujan maksimum secara cepat dapat dibantu dengan prakiraan PMP.

Berdasarkan Balai WS Sampean Baru jumlah stasiun curah hujan yang dapat digunakan dalam penelitian ini berjumlah 59 stasiun yang tersebar di seluruh wilayah Kabupaten Situbondo. 59 stasiun hujan yang mewakili 46 DAS tersebut diambil data curah hujan harian maksimum tahunan untuk periode waktu 1 hari, 1-2 hari, 1-3 hari untuk setiap stasiun. Curah hujan harian maksimum tahunan dengan beberapa periode waktu kemudian dilakukan uji pemeriksaan curah hujan harian maksimum tahunan kurang dari 20 mm. Hasil dari uji pemeriksaan curah hujan harian maksimum tahunan ini didapat stasiun yang lolos berjumlah 33 stasiun curah hujan.

Analisis yang digunakan untuk menguji curah hujan maksimum boleh jadi menggunakan metode Hersfield yang menghasilkan curah hujan perkiraan di daerah Situbondo untuk periode waktu curah hujan maksimum 1 hari berkisar antara 108,230 s/d 479,030, untuk nilai curah hujan maksimum boleh jadi durasi waktu 2 hari berkisar antara 158,875 s/d 524,025 mm/hari dan untuk curah hujan maksimum durasi waktu 3 hari berkisar antara 186,212 s/d 1107.971 mm/hari.

Pola penyebaran spasial curah hujan untuk durasi waktu 1 hari yaitu nilai curah hujan maksimum boleh jadi dengan rasio nilai antara 200 s/d 300 mm hampir terdapat di seluruh wilayah Situbondo dan hanya 3 titik yang memiliki nilai lebih dari 300 mm. Pola penyebaran spasial untuk durasi waktu 2 hari nilai curah hujan maksimum boleh jadi dengan rasio rendah mendominasi wilayah Situbondo bagian timur dan untuk curah hujan yang memiliki nilai rasio lebih dari 350 s/d 500 mm hanya terdapat di beberapa titik dilokasi, seperti di DAS Lobawang dan di DAS Sampean. Pola penyebaran spasial untuk durasi waktu 3 hari nilai curah hujan maksimum boleh jadi dengan rasio 400 mm mendominasi bagian timur, barat dan sebagian wilayah utara Kabupaten Situbondo.

## SUMMARY

### **Maximum Rainfall Estimates In Watershed In Situbondo Using Hersfield**

**Method** : Ratna Oktavia Budiono, 2014 : 44 pages : Department of civil Engineering, Engineering Faculty of Jember University

Floods disaster occurred every years in Situbondo. The largest one was in 2008 and 2012. This disaster caused by several factors, such as intensity of the rain that accompanied by tides condition which caused the river's water cannot flow into the sea directly. The topography of headwaters that located in the highland and the downstream in lowland, near by the coast caused the flooding too.

Various structural ways to anticipated the flood can be obtained by determine the flood discharge plan as the basic to get the design of hydraulic structure. That flood predictions need the rainfall data that cover entire of the territory according the RSNI (2012) for region condition with very less or need for estimating meteorology's data. The maximum rainfall can be help by PMP estimation quickly.

Based on Sampean Baru WS hall, some rainfall station condition which use for this research are 59 rainfall stations rhat spread across in Situbondo. The 59 rainfall stations representing of 46 watersheds was taken by daily maximum rainfall's data for 1 day, 1-2 days, 1-3 days in period for each stations. The annual maximum rainfall with some time period used for rainfall test less than 20 mm. the result of the test give the 33 stations which pass the test.

To analyze the maximum rainfall estimate, The Hers field Method used to get the maximum rainfall plan in Situbondo for 1 day maximum time period, between 108,230 up to 479,030 mm/day. For 2 days time period are between 158,875 up to 524,025 mm/day. And 186,212 up to 1107,971 mm/day for 3 days time period.

The pattern of rainfall spatial distribution for 1 day time period is the value of maximum rainfall with the ratio between 200-300 mm, almost found in all regions of Situbondo and only 3 point that have a value more than 300 mm. The maximum

rainfall value for the pattern of rainfall spatial distribution for 2 days time period with the lowest ratio is dominate the east of Situbondo and there is a few located that have the rainfall with the value ratio more than 350-500 mm, such as in Lobawang and Sampean watershed. The maximum value for the pattern of rainfall spatial distribution for 3 days time period with ratio number at 400 mm dominate east, west, and most of north area of Situbondo.



## PRAKATA

*Alhamdulillah*, Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Estimasi Curah Hujan Maksimum Boleh Jadi Di Daerah Aliran Sungai Di Kabupaten Situbondo Menggunakan Metode *Hersfield*”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ir. Widyono Hadi, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM., selaku Dosen Pembimbing Utama;
3. Sri Wahyuni, S.T., MT., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Anggota;
4. Wiwik Yunarni S, ST., MT., selaku Dosen Penguji Utama;
5. Syamsul Arifin, S.T., MT selaku Dosen Penguji Anggota;
6. Ririn Indah Badriyah, S.T., MT selaku Dosen Pembimbing Akademik;
7. Kedua orang tua-ku dan ketiga saudaraku yang telah memberikan dukungan moril dan materiil selama penyusunan skripsi ini;
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Segala kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca sekalian.

Jember, 29 Desember 2014

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	i
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	vi
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>SUMARRY</b> .....	x
<b>PRAKATA</b> .....	xii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xviii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	2
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	2
<b>1.4 Manfaat Penelitian</b> .....	3
<b>1.5 Batasan Masalah</b> .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
<b>2.1 Landasan Teori</b> .....	4
2.1.1 Hujan atau Presipitasi .....	4
2.1.2 Karakteristik Geografis .....	4
2.1.3 Daerah Aliran Sungai.....	5
2.1.4 PMP dan PMF .....	6

2.1.5	Analisa Konsistensi Data .....	7
<b>2.2</b>	<b>Statistik Hidrologi .....</b>	<b>8</b>
2.2.1	Distribusi .....	8
2.2.2	Simpanan Baku.....	8
2.2.3	Metode Double Mass Curve.....	9
2.2.4	Metode Hersfield .....	9
<b>2.3</b>	<b>Interpolasi.....</b>	<b>11</b>
2.3.1	Metode IDW .....	11
2.3.2	Metode Kriging .....	11
<b>2.4</b>	<b>EasyFit.....</b>	<b>11</b>
<b>BAB 3.</b>	<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1</b>	<b>Lingkup Penelitian .....</b>	<b>13</b>
<b>3.2</b>	<b>Lokasi Penelitian .....</b>	<b>13</b>
<b>3.3</b>	<b>Variable .....</b>	<b>14</b>
3.3.1	Nama Stasiun Curah Hujan .....	14
<b>3.4</b>	<b>Langkah-Langkah Penelitian .....</b>	<b>16</b>
<b>3.5</b>	<b>Alur Penelitian .....</b>	<b>17</b>
<b>BAB 4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>20</b>
<b>4.1</b>	<b>Ciri Fisiologi DAS-DAS di Kabupaten Situbondo .....</b>	<b>20</b>
<b>4.2</b>	<b>Pemeriksaan Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan .....</b>	<b>23</b>
<b>4.3</b>	<b>Melengkapi Data Yang Hilang .....</b>	<b>24</b>
<b>4.4</b>	<b>Uji Konsistensi Data.....</b>	<b>25</b>
<b>4.5</b>	<b>Uji Normalitas Data .....</b>	<b>28</b>
<b>4.6</b>	<b>Perhitungan Crah HUjan Rata-Rata (Xn).....</b>	<b>30</b>
<b>4.7</b>	<b>Perhitungan Curah Hujan Maksimum Boleh Jadi.....</b>	<b>32</b>
4.7.1	Perhitungan Curah Hujan Maksimum Boleh Jadi 1 Hari .....	32

4.7.2	Perhitungan Curah Hujan Maksimum Boleh Jadi 2 Hari .....	33
4.7.3	Perhitungan Curah Hujan Maksimum Boleh Jadi 3 Hari .....	35
<b>4.8</b>	<b>Perhitungan Kala Ulang Curah Hujan Periode 10,20,50,100,500,1000 Tahun Dengan Analisis Frekuensi</b>	<b>36</b>
4.8.1	Perhitungan Kala Ulang Curah Hujan Maksimum Boleh Jadi 1 Hari .....	36
4.8.2	Perhitungan Kala Ulang Curah Hujan Maksimum Boleh Jadi 2 Hari .....	38
4.8.3	Perhitungan Kala Ulang Curah Hujan Maksimum Boleh Jadi 3 Hari .....	39
<b>4.9</b>	<b>Peta Persebaran.....</b>	<b>40</b>
<b>BAB 5. PENUTUP</b>	.....	<b>43</b>
<b>5.1</b>	<b>Kesimpulan</b> .....	<b>43</b>
<b>5.2</b>	<b>Saran</b> .....	<b>43</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	<b>44</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b>		

**DAFTAR TABEL**

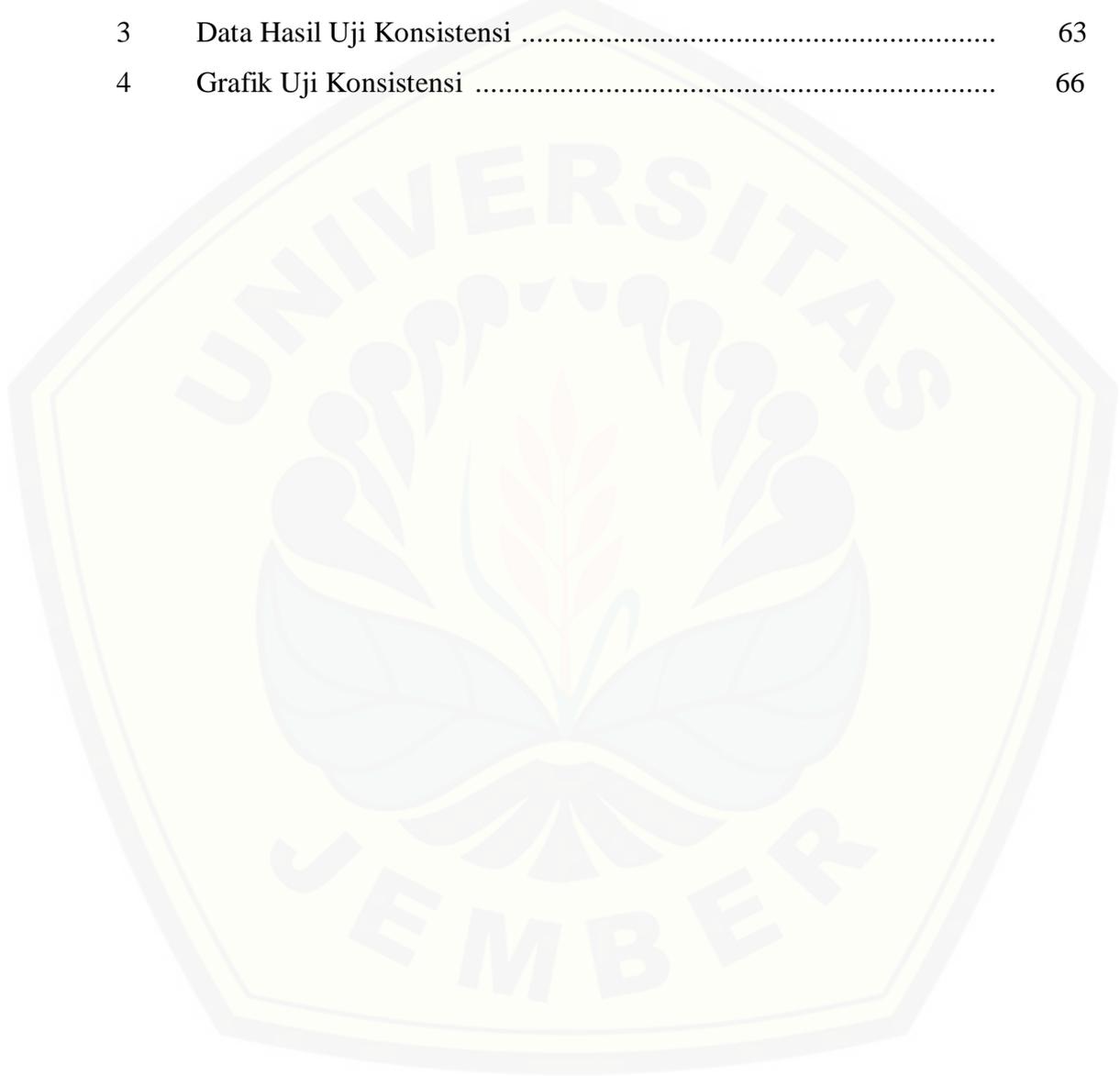
	Halaman
3.1 Nama Stasiun Pencatatan Curah Hujan Yang Terdapat Di Kabupaten Situbondo .....	15
4.1 Luasan DAS di Kabupaten Situbondo .....	21
4.2 Stasiun Hujan Yang Tidak Lolos Pemeriksaan Data .....	23
4.3 Stasiun Hujan Yang Lolos Pemeriksaan Data .....	23
4.4 Stasiun Hujan Yang Lolos Pemeriksaan Data .....	25
4.5 Uji Konsistensi Data .....	26
4.6 Hasil Uji <i>Goodness Of Fit</i> Dengan <i>Smirnov Kolmogorov</i> Dan <i>Chi-Square</i> .....	28
4.7 Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata ( $X_n$ ) .....	30
4.8 Perhitungan Curah Hujan Maksimum Boleh Jadi 1 Hari .....	32
4.9 Perhitungan Curah Hujan Maksimum Boleh Jadi 2 Hari .....	34
4.10 Perhitungan Curah Hujan Maksimum Boleh Jadi 2 Hari .....	35
4.11 Analisis Frekuensi Menggunakan <i>Uji Chi Square</i> dan Uji <i>Smirnov Kolmogorov</i> .....	37
4.12 Analisis Frekuensi Menggunakan <i>Uji Chi Square</i> dan Uji <i>Smirnov Kolmogorov</i> .....	38
4.13 Analisis Frekuensi Menggunakan <i>Uji Chi Square</i> dan Uji <i>Smirnov Kolmogorov</i> .....	39

**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
2.1 Grafik Perhitungan Km .....	10
3.1 Kabupaten Situbondo .....	13
3.2 Flowchart Perhitungan Curah Hujan Boleh Jadi.....	17
4.1 Kemiringan Kabupaten Situbondo .....	22
4.2 Grafik Uji Konsistensi Data Curah Hujan Di Stasiun Buduan .....	27
4.3 Grafik Uji Konsistensi Data Menggunakan <i>Easy Fit</i> . .....	29
4.4 Peta Pola Spasial Untuk Durasi Waktu 1 Hari.....	40
4.5 Peta Pola Spasial Untuk Durasi Waktu 2 Hari.....	41
4.6 Peta Pola Spasial Untuk Durasi Waktu 3 Hari.....	41

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
1 Data Curah Hujan Maksimum Yang Lolos Pemeriksaan .....	45
2 Data Hasil Perhitungan Curah Hujan Yang Hilang .....	55
3 Data Hasil Uji Konsistensi .....	63
4 Grafik Uji Konsistensi .....	66



## **BAB.1 PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Bencana banjir di Kabupaten Situbondo terjadi hampir setiap tahun. Bencana banjir yang terbesar terjadi pada tahun 2008 dan 2012. Kejadian ini menyebabkan tergenangnya beberapa Kecamatan di wilayah Situbondo dan juga beberapa jalan utama Jawa-Bali yang mengakibatkan beberapa akses jalan utama rusak berat sehingga akses ekonomi menjadi terhambat tidak hanya untuk warga Situbondo sendiri tetapi juga untuk warga di luar kabupaten. Selain kerugian materil, kerugian non materil seperti hilangnya mata pencaharian dan beberapa penyakit seperti gatal-gatal dan mutaber juga menjadi dampak dari bencana banjir.

Kejadian banjir ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain, tingginya intensitas hujan yang disertai kondisi air laut pasang yang mengakibatkan air sungai tidak bisa mengalir secara langsung ke laut. Ditambah lagi keadaan topografi daerah hulu yang berada pada dataran tinggi dan daerah hilir yang terletak didataran rendah dekat pantai sehingga menyebabkan genangan. Banjir yang terjadi berulang – ulang tersebut harusnya dapat ditanggulagi agar tidak terulang kembali.

Berbagai cara struktural untuk mengantisipasi banjir dapat diperoleh dengan menentukan debit banjir rencana sebagai dasar penentuan desain struktur hidrolis. Prediksi banjir tersebut memerlukan data curah hujan yang mencakup seluruh wilayah. Namun faktanya tidak semua wilayah memiliki data curah hujan. Oleh karena itu ketersediaan data curah hujan maksimum yang tersebar pada seluruh wilayah menjadi sangat penting. Menurut RNSI (2012) untuk kondisi wilayah di

mana data meteorologi sangat kurang atau perlu perkiraan hujan maksimum secara cepat dapat dibantu dengan prakiraan PMP (*Probable Maximum Precipitation*).

Salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui nilai PMP yaitu metode Hershfield. Metode Hershfield merupakan prosedur statistik yang digunakan untuk memperkirakan nilai curah hujan maksimum boleh jadi. Metode ini telah diaplikasikan oleh Wangkar, (2008) di DAS Brantas untuk keperluan mendesain bendungan. Hasilnya diketahui nilai curah hujan maksimum boleh jadi di setiap stasiun curah hujan pada DAS Brantas adalah  $345,57 \text{ mm/hari} - 844,14 \text{ mm/hari}$ . Perhitungan curah maksimum boleh jadi dengan Metode *Hershfield* ini hanya berlaku untuk hujan titik dan bukan untuk hujan wilayah. Guna memenuhi kebutuhan data hujan maksimum pada seluruh wilayah sebagai estimasi banjir di kabupaten Situbondo, tugas akhir ini akan melakukan perhitungan curah hujan maksimum boleh jadi dengan bantuan sebaran analisis.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini antara lain :

1. Berapa besarnya nilai Curah Hujan Maksimum Boleh Jadi di Daerah Aliran Sungai Kabupaten Situbondo menggunakan metode *Hershfield*
2. Bagaimana pola penyebaran curah hujan maksimum boleh jadi

## 1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini antara lain :

1. Untuk mengetahui nilai Curah Hujan Maksimum Boleh Jadi yang terdapat di Daerah Aliran Sungai Kabupaten Situbondo
2. Untuk mengetahui pola penyebaran Curah Hujan Maksimum Boleh Jadi

#### **1.4 Manfaat**

Hasil dari penelitian ini dapat digunakan untuk melihat pola penyebaran spasial Curah Hujan Maksimum Boleh Jadi yang dapat digunakan untuk menganalisis frekuensi banjir di Daerah Aliran Sungai Kabupaten Situbondo dan untuk mengetahui daerah resiko banjir.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Supaya pembahasan dalam Tugas Akhir sesuai dengan tujuan yang diinginkan, maka perlu batasan masalah yang meliputi :

- Penelitian hanya di lakukan di 46 Daerah Aliran Sungai (DAS) yang ada di Kabupaten Situbondo

## BAB.2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Landasan Teori

#### 2.1.1 Hujan atau Presipitasi

Hujan atau Presipitasi merupakan proses menguapnya air laut karena adanya radiasi matahari, dan awan yang terjadi karena uap air, bergerak di atas dataran didesak oleh angin. Presipitasi karena adanya tabrakan butir-butir uap air akibat desakan angin, dapat berbentuk hujan atau salju yang jatuh ke tanah membentuk limpasan (*run off*) yang mengalir kembali ke laut.

Presipitasi sering dibedakan menurut faktor penyebab pengangkatan yang menyebabkannya. Tipe-tipe Presipitasi diantaranya yaitu, *Hujan Siklonik*, *Hujan Frontal*, *Hujan Gelombang-Udara Panas*, *Hujan Konvektif* dan *Hujan Orografik*. *Hujan Orografik* yang dihasilkan dari pengangkatan mekanis di atas rintangan-rintangan pegunungan. Di daerah yang tidak datar, pengaruh orografik begitu menonjol sehingga pola hujan badai cenderung menyerupai pola hujan tahunan rata-rata. Akibat iklim yang ekstrim maka curah hujan menjadi tidak signifikan. Hal itulah yang menyebabkan pola hujan tahunan rata-rata juga menjadi tidak signifikan.

#### 2.1.2 Karakteristik Geografis

Karakteristi geografis adalah karakteristik atau ciri suatu daerah yang dilihat dari kenyataannya di bumi atau posisi daerah itu pada bola bumi dibanding dengan posisi daerah lain. Letak geografis ditentukan pula oleh Letak astronomis, geologis, fisiografis dan sosial budaya.

- a. Letak Astronomis adalah letak suatu wilayah yang dipandang dari kedudukan garis lintang dan garis bujur.
- b. Letak Geologis yaitu letak suatu daerah yang dilihat dari struktur batu-batuan yang ada pada kulit buminya. Letak geologis dapat terlihat dari beberapa aspek, yaitu aspek formasi geologinya, keadaan batuanya dan jalur-jalur pegunungannya.
- c. Letak Fisiografis yaitu letak suatu tempat berdasarkan segi fisiknya, seperti dari segi garis lintang dan garis bujur, posisi dengan daerah lain, batuan yang ada dalam bumi, relief permukaan bumi serta kaitannya dengan laut
- d. Letak Sosial yaitu letak suatu tempat berdasarkan keadaan sosial dan kebudayaan daerah yang bersangkutan.

### 2.1.3 Daerah aliran sungai

Daerah aliran sungai (DAS) menurut definisi adalah suatu daerah yang dibatasi (dikelilingi) oleh garis ketinggian di mana setiap air yang jatuh di permukaan tanah akan dialirkan melalui satu outlet. Komponen yang ada di dalam sistem DAS secara umum dapat dibedakan dalam 3 kelompok, yaitu komponen masukan yaitu curah hujan, komponen output yaitu debit aliran dan polusi / sedimen, dan komponen proses yaitu manusia, vegetasi, tanah, iklim dan topografi. Setiap komponen dalam suatu DAS harus dikelola sehingga dapat mencapai tujuan yang kita inginkan. Tujuan dari pengelolaan DAS adalah melakukan pengelolaan sumber daya alam secara rasional supaya dapat dimanfaatkan secara maksimum lestari dan berkelanjutan dan berkelanjutan sehingga dapat diperoleh kondisi tata air yang baik. Sedangkan pembangunan berkelanjutan adalah pemanfaatan dan pengelolaan sumber daya alam bagi kepentingan manusia pada saat sekarang ini dengan masih menjamin kelangsungan pemanfaatan sumber daya alam untuk generasi yang akan datang.

DAS ditentukan dengan menggunakan peta topografi yang dilengkapi dengan garis-garis kontur. Untuk maksud tersebut dapat digunakan peta topografi skala 1:50000. Garis-garis kontur dipelajari untuk menentukan arah dari limpasan permukaan. Limpasan bersala dari titik-titik tertinggi dan bergerak menuju titik-titik yang lebih rendah dalam arah tegak lurus dengan garis kontur. Daerah yang dibatasi oleh garis yang menghubungkan titik-titik tertinggi tersebut adalah DAS. Gambar 2.4 menunjukkan contoh bentuk DAS. Dalam gambar tersebut ditunjukkan pula penampang pada keliling DAS. Garis yang mengelilingi DAS tersebut merupakan titik-titik tertinggi. Air hujan yang jatuh di dalam DAS akan mengalir menuju sungai utama yang ditinjau, sedang yang jatuh di luar DAS akan mengalir ke sungai lain di sebelahnya.

Luas DAS diperkirakan dengan mengukur daerah itu pada peta topografi. Luas DAS sangat berpengaruh terhadap debit sungai. Pada umumnya semakin besar DAS semakin besar jumlah limpasan permukaan sehingga semakin besar pula aliran permukaan atau debit sungai.

#### **2.1.4 PMP dan PMF**

PMF (*Probable Maximum Flood*) adalah banjir maksimum yang dapat terjadi di suatu daerah dengan durasi tertentu sedangkan PMP (*Probable Maximum Precipitation*) didefinisikan sebagai hujan maksimum boleh jadi di suatu pos hujan untuk durasi tertentu. PMP juga merupakan besaran hujan rancangan terbesar yang dapat digunakan untuk menyelamatkan bangunan hidrolik yang mengandung resiko besar.

Sasaran utama dari analisis hidrologi adalah menetapkan nilai rancangan debit sungai pada lokasi tertentu dengan tingkat resiko yang dapat diterima, sesuai dengan tingkat kerugian yang mungkin dialami. Untuk merancang bangunan dengan resiko bencana besar, khususnya jika menyangkut korban jiwa manusia, diinginkan debit rancangan tanpa resiko gagal sama sekali. Debit

rancangan tersebut adalah PMF (*Probable Maximum Flood*) atau Banjir Maksimum Boleh Jadi (BMB).

Banjir Maksimum Boleh Jadi dihitung berdasarkan hasil perhitungan Curah Hujan Maksimum Boleh Jadi. Jika data debit maksimum terbesar untuk suatu DAS dapat diamati dan diukur, maka perhitungan BMB menjadi sederhana. Karena data debit yang ada di Indonesia sangat jarang dan kurang lengkap, maka perhitungan CMB perlu dilakukan dan selanjutnya dapat dilakukan sintesis untuk menghasilkan BMB dengan menggunakan beberapa teknik hubungan hujan-limpasan. Dengan pertimbangan-pertimbangan demikian penting sekali diperhitungkan kondisi objektif fisik dari DAS bersangkutan yang akan menentukan hubungan hujan-limpasan yang perlu digunakan.

#### **2.1.5 Analisa Konsistensi Data**

Satu seri data hujan untuk satu stasiun tertentu, dimungkinkan sifatnya tidak konsisten. Data semacam ini tidak dapat langsung dianalisis, karena sebenarnya data di dalamnya berasal dari populasi data yang berbeda. Ketidak konsisten data seperti ini dapat saja terjadi karena berbagai sebab, yaitu :

- Alat ukur yang diganti dengan spesifikasi yang berbeda, atau alat yang sama akan tetapi dipasang dengan patokan yang berbeda.
- Alat ukur dipindahkan dari tempat semula, akan tetapi secara administratif nama stasiun tersebut tersebut tidak diubah, misalnya karena masih dalam satu desa yang sama.
- Alat ukur sama, tempat tidak dipindahkan, akan tetapi lingkungan yang berubah, misalnya semula dipasang di tempat yang ideal, akan tetapi kemudian berubah karena ada bangunan atau pohon besar yang terlalu dekat.

Pengujian dengan metode ini akan memberikan hasil yang baik, jika dalam suatu DAS terdapat banyak stasiun hujan, karena dengan jumlah

stasiun hujan yang banyak akan memberikan nilai rata-rata hujan tahunan sebagai pembanding terhadap stasiun yang di uji lebih dapat mewakili secara baik. Oleh karena itu jumlah minimal stasiun hujan untuk pengujian ini adalah 3 stasiun hujan dan jika hanya terdapat 2 stasiun hujan atau bahkan 1 stasiun hujan, maka tidak dapat dilakukan pengujian konsistensi data hujan dan oleh karenanya kita asumsikan bahwa data yang ada adalah konsisten.

## 2.2 Statistik Hidrologi

Statistik Hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi. Data hidrologi sangat berguna dalam variasi potensi sumber-sumber air, pemanfaatan dan pengelolaan sumber-sumber air yang tepat beserta rehabilitasinya.

### 2.2.1 Distribusi

Distribusi adalah data yang disusun menurut besarnya, misalnya debit banjir dari nilai terbesar dan berakhirnyapada debit banjir terkecil atau sebaliknya. Distribusi yang dipakai adalah Distribusi Probabilitas dan Probabilitas Komulatif.

### 2.2.2 Simpangan Baku

Simpangan baku atau *standar deviasi* adalah ukuran sebaran statistik yang paling lazim. Singkatnya, ia mengukur bagaimana nilai-nilai data tersebar. Simpangan baku didefinisikan sebagai akar kuadrat varians. Simpangan baku merupakan bilangan tak negative, dan memiliki satuan yang sama dengan data. Rumus Simpangan Baku atau *Standart Deviasi* adalah

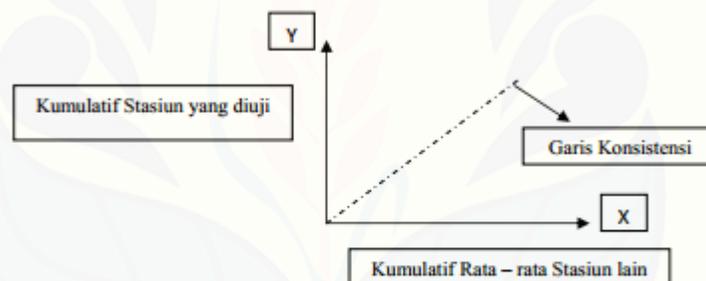
$$S = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2.3)$$

S = Standar Deviasi

- $\bar{X}$  = Nilai setiap data/pengamatan dalam sampel  
n = Jumlah total data/pengamatan dalam sampel  
 $\Sigma$  = Simbol operasi penjumlahan

### 2.2.3 Metode *Double Mass Curve*

Metode ini digunakan untuk menghitung kepenggahan data (konsisten data). Metode *Double Mass Curve* adalah yang membandingkan data hujan tahunan kumulatif stasiun yang akan diuji (sumbu Y) dengan kumulatif rata-rata stasiun lain (sumbu X) sesuai dengan kelompok data yang diuji (Searcy dan Hardison, 1982).



Gambar 2.8 Grafik Konsistensi Data

Dari garis konsistensi dapat diketahui konsistensi data stasiun curah hujan yang diteliti. Jika garis yang dihasilkan berupa garis lurus, maka data curah hujan tergolong baik.

### 2.2.4 Metode *Hersfield*

Metode *Hersfield* (1961, 1986) merupakan prosedur statistik yang digunakan untuk menghitung nilai Curah Hujan Maksimum Boleh Jadi. Metode ini digunakan untuk kondisi di mana data meteorologi sangat kurang

atau perlu perkiraan secara tepat. Rumus metode *Hersfield* adalah sebagai berikut :

$$\overline{X_{cmb}} = X_n + K_m \sigma_n$$

(2.4)

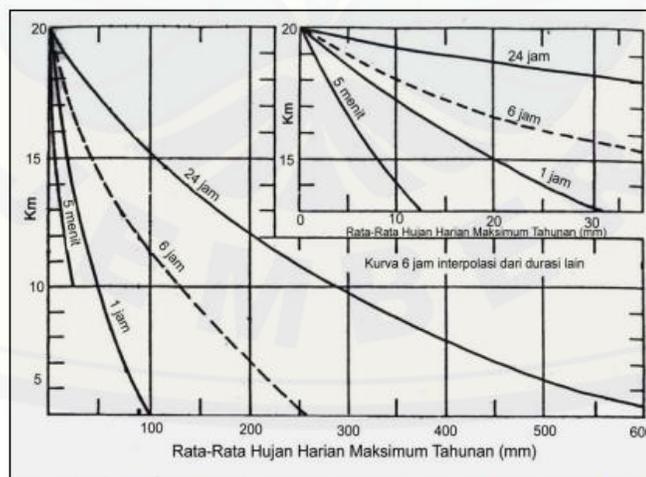
$X_{cmb}$  = Curah Hujan Maksimum Boleh Jadi

$X_n$  = Rata-rata data harian maksimum tahunan

$\sigma_n$  = Simpangan baku dari seri data hujan harian maksimum tahunan

$K_m$  = faktor frekuensi

Faktor frekuensi ( $K_m$ ) dihitung dengan menggunakan tabel. Nilai  $K_m$  berbanding terbalik dengan Hujan Rata-Rata Harian Maksimum Tahunan dan nilainya bervariasi untuk berbagai durasi seperti 1 jam, 6 jam, 24 jam. *Hersfield* membuat lengkung hubungan antara Hujan Rata-Rata Harian Maksimum Tahunan dengan  $K_m$  dan durasi hujan. Melalui rumus di atas dapat dihitung nilai CMB jika seri data hujan maksimum tahunan, rata-rata dan simpangan bakunya tersedia.



(Sumber : Tata Cara Perhitungan Curah Hujan Maksimum Boleh Jadi dengan Metode Hersfield, 2003)

Gambar 2.9 Grafik Perhitungan  $K_m$

Gambar 2.1 Grafik Perhitungan  $K_m$

## 2.3 Interpolasi

Interpolasi adalah metode yang digunakan untuk mendapatkan data berdasarkan beberapa yang telah diketahui. Sedangkan Interpolasi adalah proses estimasi nilai pada wilayah yang tidak disample atau diukur, sehingga berbentuk peta atau sebaran nilai pada seluruh wilayah.

Metode yang terdapat didalam Interpolasi sendiri terdiri dari beberapa metode yaitu metode *Inverse Distance Weight* (IDW) atau metode titik berat, metode *Kriging* (metode persamaan-persamaan linier), dan *Spline* (metode persamaan *Taylor*).

### 2.3.1 Metode IDW

Metode Inverse Distance Weighted (IDW) merupakan metode deterministik yang sederhana dengan mempertimbangkan titik disekitarnya. Asumsi dari metode ini adalah nilai interpolasi akan lebih mirip pada data sampel yang dekat daripada yang lebih jauh. Bobot (weight) akan berubah secara linear sesuai dengan jaraknya dengan data sampel.

### 2.3.2 Metode Kriging

Interpolasi Kriging adalah suatu metode dalam melakukan estimasi suatu nilai dari sebuah titik pada tiap-tiap grid dengan memperhatikan nilai dari sebuah titik yang memiliki nilai yang sebenarnya Metode Kriging sangat banyak menggunakan sistem komputer dalam perhitungan Tahapan dalam menggunakan metode ini adalah: analisa statistik dari sampel data, pemodelan variogram, membuat hasil interpolasi dan menganalisa nilai variance.

## 2.4 *EasyFit*

*EasyFit* adalah software yang digunakan untuk memudahkan dalam proses analisis yang digunakan. Analisis dengan program *EasyFit* untuk

mencari distribusi apa yang paling baik digunakan. Distribusi yang dianalisis yakni ada 4, Distribusi Normal, Log Normal, Gumbel dan Log Pearson III.

The goodness of fit ( Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling, Chi-Square) dan berbagai grafik membantu dalam membandingkan distribusi dipasang dan memastikan distribusi yang dipasang adalah yang paling valid (Wahyudi, dkk 2010)



## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Besarnya nilai curah hujan maksimum boleh jadi di Kabupaten Situbondo untuk durasi waktu 1 hari berkisar antara 108 s/d 479mm, untuk nilai curah hujan maksimum boleh jadi durasi waktu 2 hari berkisar antara 158,875 s/d 524,025 mm/hari dan untuk nilai curah hujan maksimum boleh jadi durasi waktu 3 hari berkisar antara 185,212 s/d 1107,971 mm/hari. Besarnya nilai prakiraan curah hujan maksimum boleh jadi untuk durasi waktu 1 dan 2 hari dengan curah hujan maksimum hasil dari pencatatan pada stasiun-stasiun yang terdapat di kabupaten Situbondo terdapat adanya kemiripan.
- b. Sebaran hujan maksimum boleh jadi untuk durasi waktu 1, 2 dan 3 hari didapatkan nilai intensitas curah hujan yang tertinggi berada pada daerah dataran tinggi sedangkan didataran rendah yang dekat pantai curah hujan maksimum boleh jadi nilai intensitasnya cenderung rendah.

### 5.2 Saran

- Daerah Situbondo adalah daerah yang rawan banjir, untuk penelitian selanjutnya bisa dilakukan analisa PMF

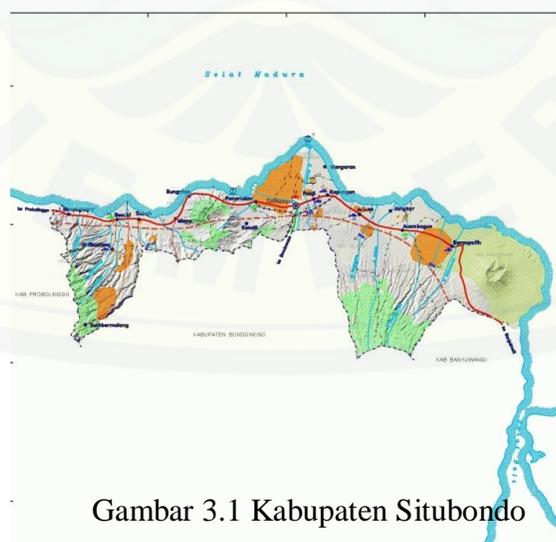
## BAB. 3 METODE PENELITIAN

### 3.1 Lingkup Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis distribusi spasial, yaitu dengan mencari nilai PMP di sepanjang Daerah Aliran Sungai di Kabupaten Situbondo. Setiap parameter dan kriteria pengelolaan menjadi faktor pendukung dalam menentukan nilai Curah Hujan Maksimum Boleh Jadi sesuai peraturan SNI 7746-20112.

Landasan penelitian didasarkan pada kajian pustaka (*literature review*) atas beberapa tulisan ilmiah yang dimuat di jurnal dan buku referensi sebagaimana yang tertera pada daftar pustaka

### 3.2 . Lokasi Penelitian



Lokasi Penelitian adalah di Daerah Aliran Sungai di Kabupaten Situbondo yang meliputi beberapa sungai yaitu Sungai Lobawang, Sungai Deluang, dan Sungai Banyuputi, Sungai Basiyan, Sungai Merabu, Sungai Selowogo, Sungai Sampeyan. Letak Geografis Situbondo merupakan salah satu kabupaten di Jawa Timur yang letaknya berada di ujung Pulau Jawa bagian utara dengan posisi antara  $7^{\circ}35'$ - $7^{\circ}44'$  Lintang selatan dan  $113^{\circ}30'$ - $114^{\circ}42'$  Bujur Timur. Letak kabupaten Situbondo di sebelah utara berbatasan dengan Selat Madura, sebelah timur berbatasan dengan Selat Bali, sebelah selatan dengan Kabupaten Bondowoso dan Kabupaten Banyuwangi serta sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Probolinggo. Luas Kabupaten Situbondo adalah  $1.638,50 \text{ Km}^2$  atau  $163.850 \text{ Ha}$ , bentuknya memanjang dari barat ke timur lebih kurang  $140 \text{ Km}$ . Pantai utara umumnya berdataran rendah dan sebelah selatan berdataran tinggi. Dengan Temperatur rata – rata di wilayah Situbondo berkisar  $24,7^{\circ} \text{ C}$  –  $27,9^{\circ} \text{ C}$  dengan rata-rata curah hujan antara  $994 \text{ mm}$  –  $1.503 \text{ mm}$  per tahunnya sehingga daerah ini menurut Klasifikasi Iklim Schmidt dan Fergusson tergolong daerah kering. Kabupaten Situbondo berada pada ketinggian antara  $0$  –  $1.250 \text{ m}$  di atas permukaan laut.

### **3.3. Variabel Penelitian**

Variabel-variabel yang diamati dalam studi ini adalah curah hujan maksimum di Daerah Aliran Sungai Sampean dari tahun 1986 sampai tahun 2013 yang diperoleh dari Balai PSAWS Sampean Baru, kemudian Dinas Pengairan Situbondo

#### **3.3.1 Nama Stasiun Curah Hujan**

Daftar nama-nama stasiun curah hujan yang terdapat di Kabupaten Situbondo, yang memiliki 59 stasiun curah hujan seperti yang tersaji pada tabel 3.1.

Tabel 3.1

## Nama Stasiun Pencatatan Curah Hujan yang terdapat di Kab. Situbondo

No	Nama Stasiun	No	Nama Stasiun
1	Besuki	31	Poka'an
2	Nogosromo	32	Kendit
3	Bt.3 Jetis	33	Tenggir
4	Pg. Demas	34	Panji Lor
5	Jati Banteng	35	Ksb Rampak
6	D. Tunjang	36	D. StB
7	Wr. Anom	37	Kapongan
8	Persil Asemb. Kga	38	Gebangan
9	Kt. 1 Pg Asmbg	39	Wonokoyo
10	Setimbo	40	Arjasa
11	D. Cr. Suri	41	Bayeman
12	Curah Tatal	42	D. Tol Tol
13	Badengan/Baderan	43	Kedungdowo
14	Nangger	44	Lamongan (binjing)
15	D. Dawuhan	45	Macan
16	Ka. Buduan	46	Jangkar
17	Bungatan	47	KGA. 1 Palangan
18	Mlandingan	48	Sopet
19	Alas Malang	49	Kedungdowo Jangkar
20	Sumber Kolak	50	Asembagus KBA2/ trigonco
21	Olean	51	Dam liwung/liwung putih
22	D. Situbondo	52	Kr. Liwung
23	Pg. Wr. Anom	53	Rinjing
24	Kotakan	54	Kedung Loo
25	Sluis Sit	55	KP.2 Awar-Awar / Rinjing
26	Trebungan	56	Kalor Koran
27	Tanjungsari	57	Sumber Rejo
28	Tj. Pecinan	58	Sumber Anyar
29	Tj. Banon	59	Sumber Waru
30	Tj. Kamal		

(Sumber : UPT WS Sampean Baru, 2014)

### 3.4. Langkah-Langkah Dalam Penelitian

#### 1. Perumusan Masalah

Mengidentifikasi bagaimana keadaan yang terjadi di hulu Daerah Aliran Sungai di Kabupaten Situbondo

#### 2. Studi Pustaka

Mengidentifikasi metode-metode apa saja yang sudah digunakan dan yang akan digunakan. Dalam metode ini digunakan metode *Hersfield* dengan menggunakan analisis spasial.

#### 3. Pengumpulan data

Data yang digunakan adalah data curah hujan antara tahun 1986 sampai 2013 dan Luas wilayah sungai yang terdapat di Kabupaten Situbondo.

#### 4. Pengelolaan Data Curah Hujan Maksimum

Memeriksa dan menaring data curah hujan harian maksimum tahunan lebih kecil dari 20 mm. Memeriksa dan menyaring data hujan harian maksimum tahunan terhadap bulanannya lebih dari 400mm (RSNI 2012).

#### 5. Analisa Konsistensi Data

Mencari Konsistensi Curah Hujan yang Linier. Pos hujan yang digunakan dalam perhitungan ini adalah pos hujan yang memiliki panjang catatan data lebih panjang atau sama dengan 20 tahun. Disarankan panjang pencatatan data lebih panjang dari 30 tahun. Jika jumlah tahun pencatatan data lebih kecil dari 20 tahun di suatu pos hujan, pos tersebut gugur dan tidak perlu dilakukan pemeriksaan.

#### 6. Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata ( $X_n$ )

Perhitungan Curah hujan digunakan untuk mengetahui nilai hujan maksimum boleh jadi. Perhitungan ini menggunakan metode *Hersfield* yang merupakan dasar statistik yang digunakan untuk memperkirakan nilai hujan maksimum boleh jadi. Metode ini digunakan untuk kondisi dimana data meteorology sangat kurang atau perlu perkiraan secara cepat.

#### 7. Perhitungan Nilai Km

Nilai Km tergantung pada durasi dan rata-rata hujan harian maksimum tahunan. Semakin kering suatu daerah akan semakin tinggi nilai Km.

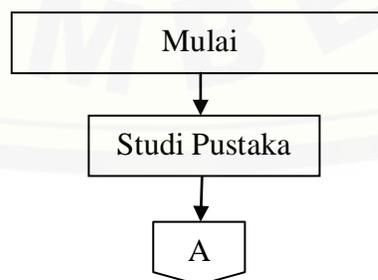
#### 8. Perhitungan Curah Hujan Maksimum Boleh Jadi

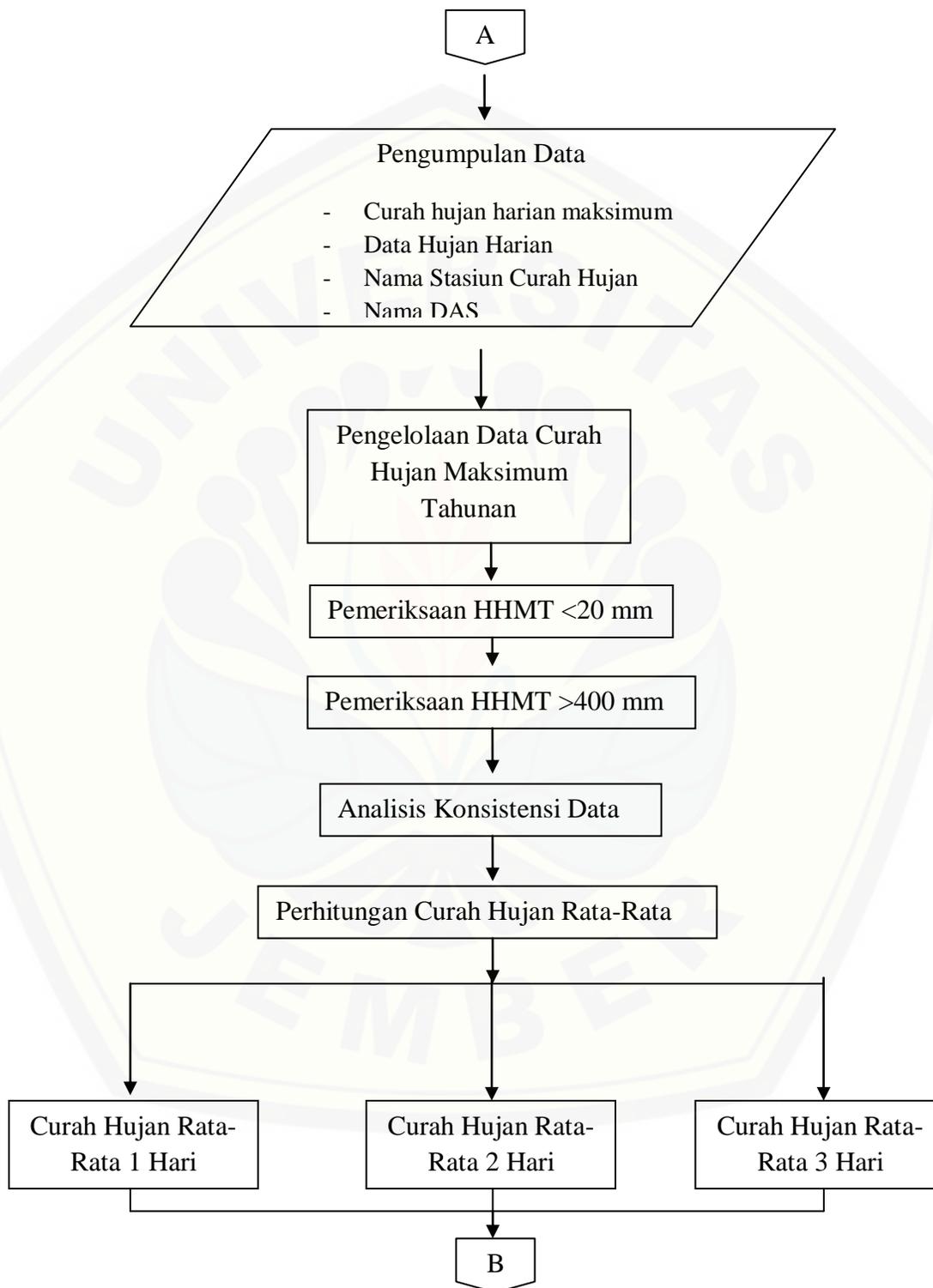
Perhitungan Curah Hujan Maksimum Boleh Jadi ini menggunakan pedoman SNI 7746 tahun 2012.

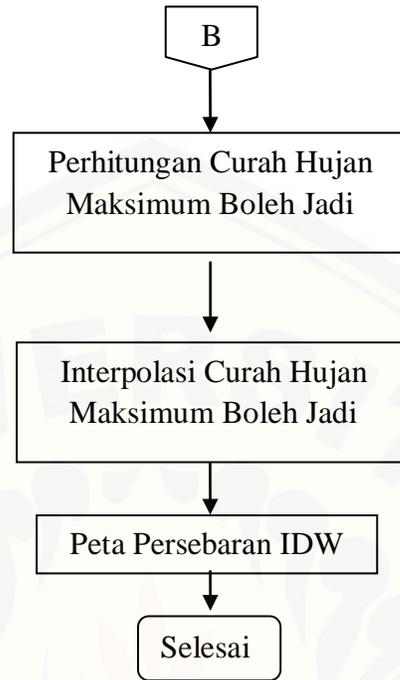
#### 9. Interpolasi

Interpolasi digunakan untuk menganalisis distribusi spasial yang akan digunakan dalam penggambaran peta Isohyet. Data yang akan digunakan dalam Interpolasi ini adalah data Kemungkinan Curah Hujan Maksimum Boleh jadi.

### 3.5 Alur Penelitian







Gambar 3.2. Flowchart Perhitungan Curah Hujan Boleh Jadi

**DAFTAR PUSTAKA**

- Bambang. 2009. "Hidrologi Terapan". Yogyakarta: Beta Offset.
- Nor Eliza Alias and Kaoru Takara. 2013. "*Estimating the Probable Maximum Precipitation of Kuala Lumpur, Malaysia and Yodo River Basin, Japan Using Statical Methods*". Journal of Disaster Research Vol,8 No.1, 2013.
- N. R. Deshpande, B. D. Kulkarni, A. K. Verma, & B. N. Mandal, 2008. "*Extreme rainfall analysis and estimation of Probable Maximum Precipitation (PMP) by statistical methods over the Indus river basin in India,*" Journal of Spatial Hydrology, Vol.8, No.1 Spring 2008.
- N. Vivekananda and Dr. S. K. Roy. 2013. "*Assessment of Probable Maximum Precipitation Using Gumbel Distribution and Hersfield Method.*" Bonfring International Journal of Data Mining Vol. 3, No. 1, March 2013.
- Suripin., 2004. Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan. Yogyakarta: Andi Triatmojo.
- Wangkar, Iwan M., 2008. *Estimasi Curah Hujan Maksimum Boleh Jadi Di Daerah Aliran Sungai Brantas Dengan Menggunakan Metode Hersfield.*. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jakarta: Universitas Bina Nusantara.