



**PEMETAAN DAERAH POTENSI PEMASOK BANJIR  
BERDASARKAN LAJU INFILTRASI DAN INTENSITAS HUJAN  
DI SUB DAS TENGGARANG KABUPATEN BONDOWOSO**

**SKRIPSI**

oleh

**ANDIANI HERLINA  
NIM 111910301024**

**PROGRAM STUDI STRATA I  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**



**PEMETAAN DAERAH POTENSI PEMASOK BANJIR  
BERDASARKAN LAJU INFILTRASI DAN INTENSITAS HUJAN  
DI SUB DAS TENGGARANG KABUPATEN BONDOWOSO**

**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

**ANDIANI HERLINA  
NIM 111910301024**

**PROGRAM STUDI STRATA I  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**

## PERSEMBAHAN

Sebuah usaha kecil dari kewajiban dalam agama-Mu (menuntut ilmu), *Alhamdulillah* telah Engkau lapangkan jalannya. Ya Allah, terima kasih atas rahmat serta hidayah-Mu kepadaku dan kepada Nabi Muhammad SAW teladanku dan umatnya yang membawa cahaya di dunia-Mu.

Akhirnya, kupersembahkan tugas akhir ini untuk:

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karnia serta kasih sayang-Nya kepadaku sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik;
2. Kedua Orangtuaku, Ibunda tercinta Partini dan Ayahanda Lestijoko, yang telah memberikan semangat, do'a dan semua pengorbanannya yang tak terhitung nilainya;
3. Kakaku, Andrian Kristianto, A.md serta adikku tercinta Angger Priagung Jati dan Ega Noer Rachmawati, yang selalu mensupport dan menghiburku saat *down* selama melaksanakan studi ini hingga selesai;
4. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai perguruan tinggi yang telah memberikan ilmu dan membimbingku dengan sabar;
5. Keluarga besarku yang ada di Madiun dan Ngawi, Mbah Uti, Bude Tatik, Om Totok, (alm) Om Nono, dan semua yang tidak mungkin saya sebutkan satu per satu, yang selalu memberikan *support*, do'a dan bantuannya selama ini;
6. Almamater Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

**MOTTO**

Maka nikmat Tuhanmu yang manakah yang kamu dustakan.

(terjemahan Surat Ar Rahman ayat 13)<sup>\*)</sup>

Dan janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya tiada berputus asa daripada rahmat Allah melainkan orang yang kufur.

(terjemahan QS. Yusuf ayat 87)<sup>\*\*)</sup>

Yang terpenting dari kehidupan bukanlah kemenangan namun bagaimana bertanding dengan baik.<sup>\*\*\*)</sup>

---

\*) Departemen Agama Republik Indonesia. 2013. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Solo: PT Tiga Serangkai Pustaka Mandiri.

\*\*\*) Departemen Agama Republik Indonesia. 2013. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Solo: PT Tiga Serangkai Pustaka Mandiri.

\*\*\*) Baron Pierre De Coubertin. 2015 dalam Kumpulan Kata-kata Mutiara Ilmuwan

Dunia dan Tokoh Besar Lainnya [http://sc-blog.com/kumpulan-kata-kata-mutiara-ilmuan-](http://sc-blog.com/kumpulan-kata-kata-mutiara-ilmuan-dunia-dan-tokoh-besar-lainnya/)

[dunia-dan-tokoh-besar-lainnya/](http://sc-blog.com/kumpulan-kata-kata-mutiara-ilmuan-dunia-dan-tokoh-besar-lainnya/) [14 Mei 2015]

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Andiani Herlina

NIM : 101910301024

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "*Pemetaan Daerah Potensi Pemasok Banjir Berdasarkan Laju Infiltrasi dan Intensitas Hujan di Sub DAS Tenggarang Kabupaten Bondowoso*" 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, Juni 2015

Yang menyatakan,

Andiani Herlina

NIM 111910301024

**SKRIPSI**

**PEMETAAN DAERAH POTENSI PEMASOK BANJIR  
BERDASARKAN LAJU INFILTRASI DAN INTENSITAS HUJAN  
DI SUB DAS TENGGARANG KABUPATEN BONDOWOSO**

oleh

Andiani Herlina  
NIM 111910301024

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Wiwik Yunarni W., ST., MT.

Dosen Pembimbing Anggota : Sri Wahyuni, ST., MT., Ph.D.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “*Pemetaan Daerah Potensi Pemasok Banjir Berdasarkan Laju Infiltrasi dan Intensitas Hujan di Sub DAS Tenggarang Kabupaten Bondowoso*” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Kamis, 11 Juni 2015

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

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

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

Anggota I,

Anggota II,

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

Mokhammad Farid Ma'ruf, S.T., M.T., Ph.D  
NIP. 19721223 199803 1 002

Mengesahkan  
Dekan,

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

## RINGKASAN

**Pemetaan Daerah Potensi Pemasok Banjir Berdasarkan Laju Infiltrasi dan Intensitas Hujan di Sub DAS Tenggarang Kabupaten Bondowoso;** Andiani Herlina, 111910301024; 2015: 93 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Sub DAS Tenggarang merupakan bagian dari DAS Sampean Baru yang berada di Kabupaten Bondowoso. Terletak di bagian hulu membuat Sub DAS Tenggarang termasuk daerah yang subur dengan nilai produktifitas yang cukup tinggi. Namun kondisi yang demikian tidak diimbangi dengan kualitas sumber daya manusia yang baik. Terbukti dengan adanya penjarahan hutan dengan dalih kepentingan pribadi. Semakin luas lahan yang gundul akan semakin mengurangi kemampuan tanah dalam menahan air hujan sehingga akan menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan dan masyarakat seperti banjir. Oleh karena itu sebelum melakukan penanganan terkait adanya banjir perlu diketahui daerah yang berpengaruh terhadap terjadinya banjir, salah satunya daerah yang berpotensi memasok banjir berdasarkan hasil perhitungan laju infiltrasi dan intensitas hujan di Sub DAS Tenggarang.

Sebagai tahapan awal dilakukan pengamatan parameter infiltrasi di lapangan menggunakan *double ring infiltrometer*. Lokasi pengamatan ditentukan berdasarkan jenis tanah, tata guna lahan, dan kemiringan lereng. Hasil pengamatan parameter infiltrasi kemudian dilakukan perhitungan laju infiltrasi menggunakan Metode Horton. Sedangkan intensitas hujan yang merupakan salah satu parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah merupakan banyaknya curah hujan per satuan waktu tertentu. Data hujan yang digunakan menganalisis hujan rancangan menggunakan pencatatan data hujan selama 20 tahun. Berdasarkan faktor-faktor tersebut kemudian dicari daerah mana saja yang berpotensi sebagai pemasok banjir menggunakan aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG). Langkah langkah yang dilakukan untuk mengidentifikasi daerah potensi pemasok banjir dengan SIG ini meliputi: (1) interpolasi hasil perhitungan laju infiltrasi menggunakan interpolasi *Inverse Distance Weighting* (IDW) untuk mengetahui daerah yang memiliki nilai laju infiltrasi yang sama sesuai klasifikasi yang diberikan oleh US Soil Conservation; (2) interpolasi hasil perhitungan intensitas hujan menggunakan interpolasi IDW sesuai klasifikasi yang diberikan



oleh Wiharta, *et al* (1997); (3) overlay peta laju infiltrasi dan intensitas hujan untuk mengetahui daerah yang berpotensi sebagai pemasok banjir, apabila nilai intensitas hujan lebih tinggi daripada nilai laju infiltrasi maka daerah tersebut dikatakan berpotensi, begitu pula sebaliknya.

Hasil identifikasi daerah potensi pemasok banjir ini berguna untuk acuan sebagai dasar pelaksanaan konservasi terkait lingkungan di Sub DAS Tenggarang. Ada beberapa hal yang menyebabkan suatu daerah dapat berpotensi memasok banjir yaitu antara lain 1) ketidaksesuaian penggunaan lahan terhadap jenis tanah dan kemiringan lereng menyebabkan tanah tidak dapat menyerap air secara maksimal sehingga menghasilkan limpasan permukaan; 2) Kemiringan lereng yang curam membuat limpasan permukaan dengan cepat masuk ke sungai yang menyebabkan debit sungai meningkat dan mengalir deras ke daerah yang lebih rendah sebagai pasokan banjir. Sehingga penelitian ini bermanfaat untuk menentukan daerah mana saja yang mendapat prioritas untuk adanya tindakan pencegahan. Adapun tindakan yang bisa dilakukan yaitu penanaman kembali hutan sehingga nilai infiltrasi yang dihasilkan diharapkan lebih besar dari sebelumnya.

## SUMMARY

**Mapping of Potential Contributor Flooding Area Based on Rate of Infiltration and Rainfall Intensity at The Tenggarang Sub Watershed in Bondowoso;** Andiani Herlina, 111910301024; 2015: 93 pages; Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

Tenggarang sub catchment is part of the Sampean Baru catchment located in Bondowoso. Located in the upper make Tenggarang include fertile area with a fairly high productivity. But such conditions are not matched with good quality of human resources. Buoyed by the looting of forest on the pretext of self-interest. The more critical land that would further reduce the ability of soil to hold the rain water that would cause adverse effects on the environment and society as a flood. Therefore, before any treatment related to the flooding needs to be known regions that influence the occurrence of flooding, one area that has the potential to contribute the flood based on the calculation infiltration rate and rainfall intensity in the Tenggarang sub catchment.

As early stages of infiltration parameters observed in the field using a double ring infiltrometer. The locations were determined based on soil type, land use, and slope. The observation of infiltration parameters then performed calculations using the method of Horton infiltration rate. While the rainfall intensity is one of the parameters used in this study was the amount of rainfall per unit of time. Rainfall data were used to analyze the draft rainfall using data recording rainfall for 20 years. Based on these factors and then look for any areas that have the potential as a contributr of flooding using Geographic Information System (GIS). Steps are being made to identify areas which have potential to contribute the flood by the SIG include: (1) interpolation results infiltration rate calculation using interpolation Inverse Distance Weighting (IDW) to determine the areas that have the same value of infiltration according to the classification given by the US Soil Conservation; (2) interpolation results rainfall intensity calculation using IDW interpolation according to the classification given by Wiharta, et al (1997); (3) overlay maps infiltration rate and rainfall

intensity to know the area as a potential supplier of floods, when the rainfall intensity value is higher than the rate of infiltration value, the area can be decided to be potential area and the other hand.

Results identify potential of contributor flooding area is useful for reference as a basis for implementing environment-related conservation in the Tenggarang sub catchment. There are some things that cause a flood area can potentially supply among others 1) mismatch of land use on soil type and slope causes soil can not absorb the maximum water resulting in surface runoff; 2) steep slope makes fast surface runoff into the river which led to increased river discharge and flowing into the lower areas as supply floods. Therefore, this research is useful for determining which areas receive priority for preventive action. The actions that can be done is afforestation so that infiltration produced the expected value is greater than ever.

## PRAKATA

*Alhamdulillah*, Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pemetaan Daerah Potensi Pemasok Banjir Berdasarkan Laju Infiltrasi dan Intensitas Hujan di Sub DAS Tenggarang Kabupaten Bondowoso”. 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. Wiwik Yunarni W., ST., MT., selaku Dosen Pembimbing Utama;
3. Sri Wahyuni, ST., MT., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Anggota;
4. DR. Ir. Entin Hidayah, M.UM. selaku Dosen Penguji Utama;
5. Mohammad Farid Ma’ruf, ST., MT., Ph.D., selaku Dosen Penguji Anggota;
6. Kedua Orangtuaku, Ibunda tercinta Partini dan Ayahanda Lestijoko;
7. Kakakku, Andrian Kristianto, A.md serta adikku tercinta Angger Priagung Jati dan Ega Noer Rachmawati;
8. Keluarga besarku, Mbah Uti, Bude Tatik, Om Totok, Om Wawan, Om Gaguk, dan keluarga besarku lainnya yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu;
9. My Moodpower, Tri Wahyudi atas motivasi, waktu, perhatian dan kesabarannya untuk pendampingan hingga terselesaikannya tugas akhir ini;
10. Teman seperjuangan selama masa penelitian hingga selesai, Nining, Fefina, Mas Rizky, dan Mas Fauzi;
11. Arif DP yang telah membantu dalam skripsi ini;
12. Ervina si “anak mama” serta Grup Cakradara, Rofiqi, Teguh dan Galih yang telah menghibur dan mendukung selama ini;

13. Saudara-saudaraku Teknik Sipil Angkatan 2011 yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu, terimakasih atas persahabatan luar biasa yang tak akan pernah terlupakan, dukungan serta semangat tiada henti;
14. Bapak Edi dari Dinas Pengairan Kabupaten Bondowoso atas bantuannya selama penyusunan tugas akhir ini;
15. Almamater Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.
16. Masyarakat Bondowoso khususnya masyarakat di sekitar Sub DAS Tenggarang atas waktu dan kesempatan yang diberikan selama diadakannya penelitian;

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, Juni 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>v</b>
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>viii</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>x</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xix</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xx</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Permasalahan .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSATAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1 Siklus Hidrologi .....	4
2.2 Daerah Aliran Sungai .....	4
2.3 Curah Hujan .....	5
2.4 Perbaikan Data .....	6
2.5 Analisis Frekuensi .....	7

2.6	Uji <i>Smirnov-Kolmogorov</i> .....	13
2.7	Intensitas Curah Hujan .....	15
2.8	Infiltrasi .....	15
2.9	Infiltrometer .....	17
2.10	Kapasitas Infiltrasi .....	17
2.11	Banjir .....	19
2.12	Jenis Tanah .....	20
2.13	Sistem Informasi Geografis .....	22
2.14	ArcView GIS .....	24
2.15	Model Data .....	25
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN .....</b>		<b>27</b>
3.1	Lingkup Penelitian .....	27
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian .....	27
3.3	Alat dan Bahan .....	28
3.4	Metodologi Penelitian .....	29
3.4.1	Penentuan Titik Survei .....	29
3.4.2	Pengumpulan Data .....	31
3.4.2.1	Data Primer .....	31
3.4.2.2	Data Sekunder .....	32
3.4.3	Pengolahan Data .....	32
3.4.3.1	Analisa Data Curah Hujan .....	32
3.4.3.2	Analisa Data Pengamatan Laju Infiltrasi .....	36
3.4.3.3	Membuat Layout Peta Keseluruhan .....	37
3.4.4	Pemetaan Daerah Potensi Pemasok Banjir .....	37
3.4.4.1	Analisis Daerah Potensi Pemasok Banjir .....	38
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>41</b>
4.1	Kondisi Sub DAS Tenggarang .....	41
4.2	Analisis Curah Hujan .....	43
4.2.1	Curah Hujan Harian Maksimum .....	43

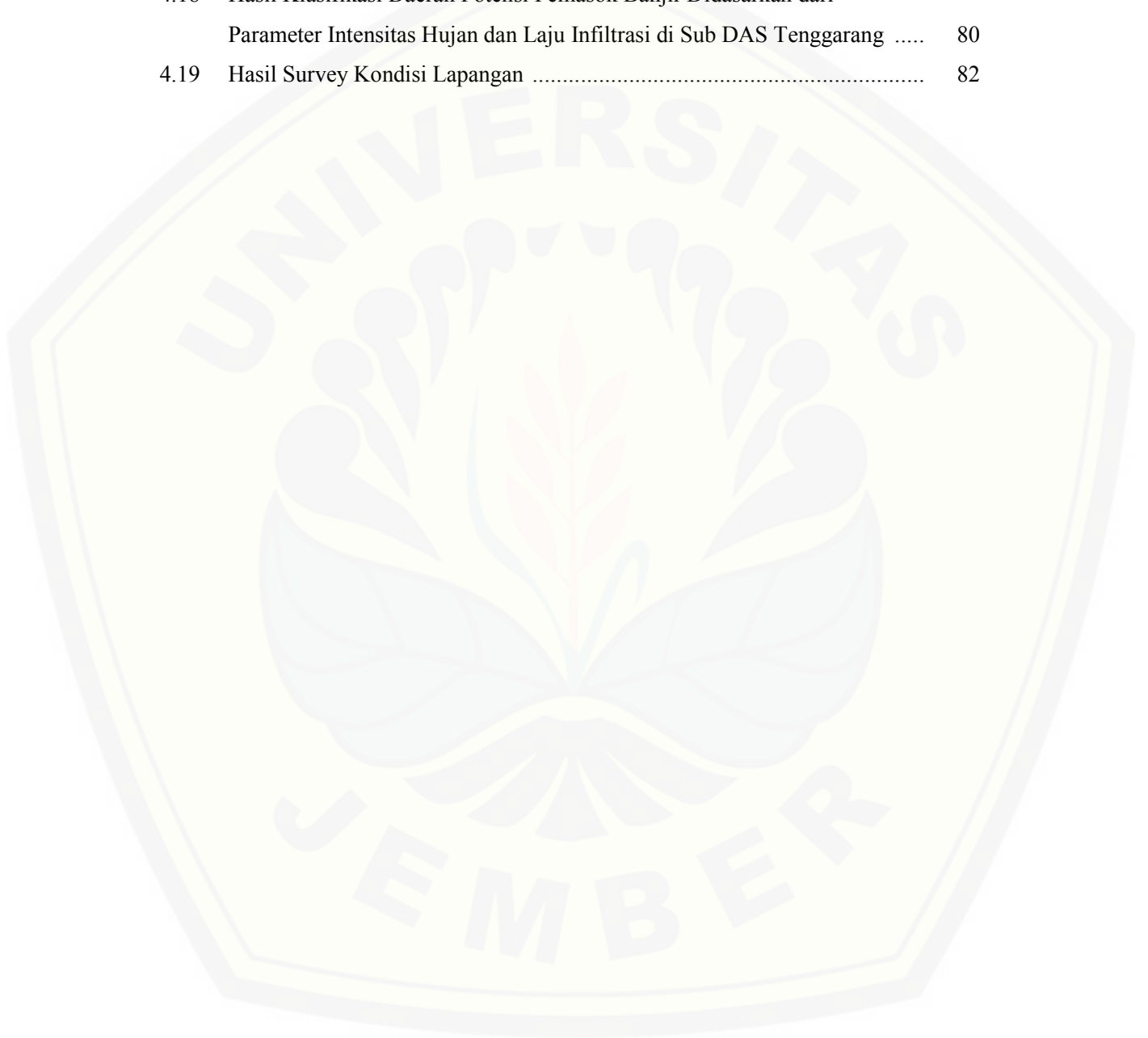
4.2.2 Pengisian Data Hujan yang Hilang .....	45
4.2.3 Uji Konsistensi Data .....	48
4.2.4 Metode Isohyet .....	50
4.2.5 Penentuan Pola Distribusi Hujan .....	52
4.2.6 Uji Kecocokan .....	54
4.2.7 Curah Hujan Rencana .....	55
4.2.8 Intensitas Hujan .....	58
4.2.9 Pemetaan Persebaran Intensitas Hujan .....	61
4.3 Analisis Laju Infiltrasi .....	63
4.3.1 Titik Lokasi Pengamatan di Lapangan .....	63
4.3.2 Pengukuran Parameter-parameter Infiltrasi di Lapangan ....	66
4.3.3 Hasil Pengukuran Parameter-parameter Infiltrasi di Lapangan .....	66
4.3.4 Kapasitas Infiltrasi .....	67
4.3.5 Ketetapan untuk Jenis Tanah dan Permukaannya .....	69
4.3.6 Perhitungan Laju Infiltrasi .....	71
4.3.7 Perhitungan Volume Infiltrasi Total .....	72
4.3.8 Persebaran Laju Infiltrasi di Sub DAS Tenggarang .....	72
4.4 Daerah Potensi Pemasok Banjir .....	76
4.5 Pengecekan Kondisi Lapangan .....	81
<b>BAB 5. PENUTUP .....</b>	<b>89</b>
5.1 Kesimpulan .....	89
5.1 Saran .....	90
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>91</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Parameter Statistik Analisis Frekuensi .....	9
3.1 Titik Survey .....	30
3.2 Klasifikasi Intensitas Hujan Rata-rata Harian .....	35
3.3 Klasifikasi Infiltrasi Tanah .....	37
4.1 Data Penggunaan Lahan pada Sub DAS Tenggarang .....	43
4.2 Data Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan Tahun 1995 s.d. 2014 (mm) .....	44
4.3 Data Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan Sub DAS Tenggarang Kabupaten Bondowoso Tahun 1995 s.d. 2014 (mm) (setelah data kosong diisi).....	47
4.4 Hasil Uji Konsistensi Data Curah Hujan .....	49
4.5 Hasil Perhitungan Parameter Statistik untuk Penentuan Pola Distribusi Hujan Stasiun Hujan Ancar .....	53
4.6 Hasil Uji <i>Smirnov-Kolmogorov</i> .....	55
4.7 Parameter Statistik Analisis Frekuensi Distribusi Log {earson Type III .....	56
4.8 Perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode Log Pearson III Kala Ulang 2 Tahun .....	57
4.9 Perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode Log Pearson III Kala Ulang 5 Tahun .....	57
4.10 Intensitas Hujan Jam-jaman .....	59
4.11 Hasil Pengkelasan Intensitas Hujan pada Sub DAS Tenggarang .....	61
4.12 Titik Pengamatan Infiltrasi di Lapangan .....	64
4.13 Hasil Pengukuran Parameter Infiltrasi di Lapangan .....	67
4.14 Hasil Perhitungan Kapasitas Infiltrasi Titik Pengamatan 9 .....	68

4.15	Perhitungan Parameter Infiltrasi .....	70
4.16	Volume Total Infiltrasi pada Sub DAS Tenggarang .....	73
4.17	Hasil Pengkelasan Laju Infiltrasi pada Sub DAS Tenggarang .....	73
4.18	Hasil Klasifikasi Daerah Potensi Pemasok Banjir Didasarkan dari Parameter Intensitas Hujan dan Laju Infiltrasi di Sub DAS Tenggarang .....	80
4.19	Hasil Survey Kondisi Lapangan .....	82

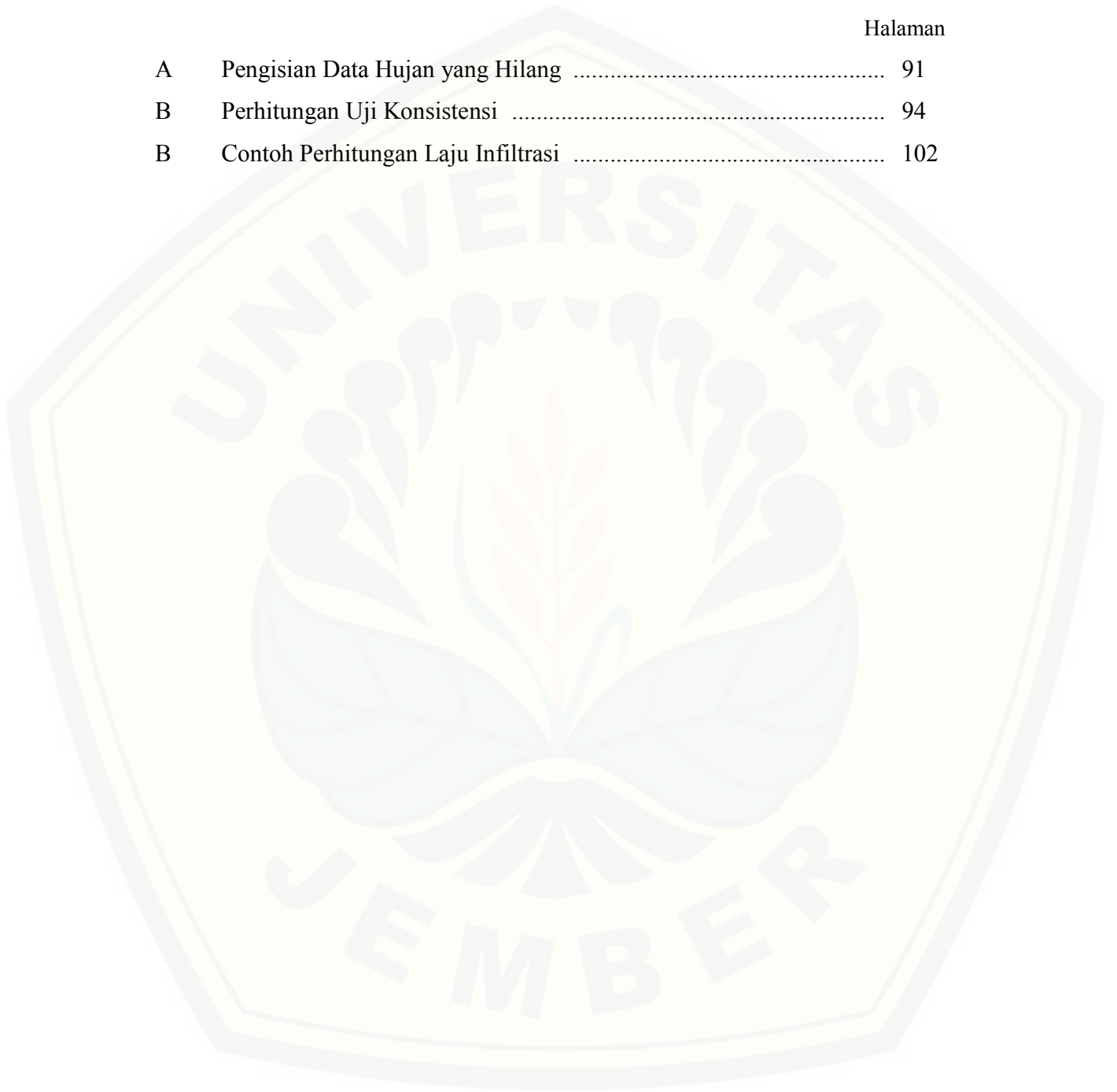


DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Kurva Kapasitas Infiltrasi .....	16
2.2 Ilustrasi uraian subsistem GIS .....	23
3.1 Peta Sub DAS Tenggarang .....	28
3.2 Flowchart Penelitian .....	39
3.3 Flowchart Pengamatan Laju Infiltrasi di Lapangan .....	40
4.1 Peta Tata Guna Lahan Sub DAS Tenggarang .....	42
4.2 Grafik Uji Konsistensi Sta. Klabang .....	49
4.3 Peta Isohyet Curah Hujan Tahunan Sub DAS Tenggarang .....	51
4.4 Kurva IDF ( <i>Intensity Duration Frequency</i> ) Stasiun Hujan Ancar ....	60
4.5 Peta Intensitas Hujan Sub DAS Tenggarang .....	62
4.6 Peta Titik Survey Pengamatan .....	65
4.7 Pengamatan Infiltrasi di Lapangan .....	67
4.8 Grafik kapasitas Infiltrasi .....	69
4.9 Kurva Persamaan Regresi untuk Mencari Nilai Gradien .....	71
4.10 Peta Persebaran Laju Infiltrasi pada Sub DAS Tenggarang .....	75
4.11 Peta Daerah Potensi Pemasok Banjir di Sub DAS Tenggarang .....	78

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
A Pengisian Data Hujan yang Hilang .....	91
B Perhitungan Uji Konsistensi .....	94
B Contoh Perhitungan Laju Infiltrasi .....	102



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dewasa ini, permasalahan yang sering dijumpai yang berkaitan dengan air adalah banjir dan krisis air. Perubahan tata guna lahan dan penurunan permukaan air tanah akibat pembangunan struktur di atasnya menyebabkan menurunnya kemampuan tanah untuk meresapkan air. Air yang melimpah dan tidak terkontrol akan mengakibatkan bencana tak hanya bagi manusia, juga pada makhluk hidup lainnya. Begitu pula jika jumlah air yang ada di bumi tidak memenuhi jumlah konsumtif dari makhluk hidup, maka akan mengakibatkan bencana seperti kekeringan dan juga krisis air bersih. Oleh karena itu, keberadaan air yang merupakan kebutuhan vital bagi makhluk hidup harus dikelola dengan baik. Pencegahan terhadap segala kemungkinan harus dimulai sejak dini dengan jalan mempertahankan kesetimbangan siklus hidrologi melalui proses presipitasi dan infiltrasi serta dengan melakukan upaya konservasi.

Sub DAS Tenggarang terletak di Kabupaten Bondowoso. Terletak di sepanjang aliran Sungai Sampean Baru membuat Sub DAS Tenggarang merupakan daerah yang subur. Berbagai kegiatan masyarakat dengan kualitas SDM terbatas dalam memanfaatkan lahan (kehutanan, pertanian dan permukiman) berpengaruh besar pada kerusakan Sub DAS Tenggarang. Hutan lindung dan hutan produksi yang ada relatif rawan terhadap penjarahan oleh masyarakat. Hal ini karena adanya tekanan penduduk yang besar yang sebagian besar bekerja di sektor pertanian dengan tingkat pendapatan yang rendah, serta sistem kelembagaan yang kurang berjalan efektif. Sehingga masyarakat kurang peduli terhadap kelestarian hutan dan memanfaatkan hutan sebagai lahan mata pencaharian. Semakin luasnya lahan yang ditebang menyebabkan tanah tidak mampu menyerap air dengan baik. Di sisi lain dengan nilai intensitas hujan yang tinggi namun tanah tidak mampu menyerap air dengan baik maka dapat menimbulkan limpasan (*run off*).

Infiltrasi merupakan proses mengalirnya air (umumnya berasal dari curah hujan) masuk ke dalam tanah melalui permukaan tanah. Infiltrasi menjadi satu-satunya sumber kelembaban tanah yang memasok kebutuhan air guna keperluan tumbuhan dan ketersediaan air tanah. Sebagai upaya rencana pengelolaan sumber daya air, infiltrasi merupakan hal utama yang perlu dikaji terlebih dahulu. Hal ini kaitannya dengan perubahan tata guna lahan yang akan berpengaruh terhadap laju infiltrasi. Besarnya laju infiltrasi dipengaruhi oleh hal-hal antara lain, jenis permukaan tanah, cara pengolahan lahan, kepadatan tanah dan sifat serta jenis tanaman. Infiltrometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur laju infiltrasi dan cara termudah yang dapat dilakukan di lapangan. Selain mudah dilakukan, alatnya pun juga mudah untuk didapat. Hal inilah yang menjadi dasar mengapa dipakainya infiltrometer dalam penelitian ini.

Hujan adalah proses kondensasi uap air di atmosfer menjadi butir air yang cukup berat untuk jatuh dan biasanya tiba di daratan. Curah hujan didefinisikan sebagai jumlah air hujan yang terkumpul pada satu tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir. Sedangkan intensitas hujan adalah banyaknya curah hujan persatuan jangka waktu tertentu.

Sebagai upaya mengatasi permasalahan akibat rusaknya kondisi lahan di sekitar Sub DAS Tenggarang, ada beberapa cara yang dapat dilakukan, salah satunya dengan mengetahui penyebab banjir dan daerah yang berpotensi sebagai pemasok banjir. Untuk mengidentifikasi dan memetakan kawasan yang berpotensi sebagai pemasok banjir maka digunakan aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG).

Penelitian sebelumnya mengenai infiltrasi yang dilakukan oleh Xue dan Garwin (2007) dengan judul *Effect of Rainfall Intensity on Infiltration into Partly Saturated Slopes* didapatkan kesimpulan bahwa jika nilai intensitas hujan lebih besar dari nilai laju infiltrasi total maka berpotensi menghasilkan aliran permukaan (*runoff*) dimana aliran permukaan ini dapat diidentifikasi sebagai pasokan limpasan. Berdasarkan hal tersebut penulis mengadakan penelitian mengenai *Pemetaan Daerah Potensi Pemasok Banjir Berdasarkan Laju Infiltrasi dan Intensitas Hujan di Sub DAS*

*Tenggarang Kabupaten Bondowoso* dengan harapan dapat mengetahui daerah mana saja yang berpotensi memasok banjir sehingga dapat dijadikan acuan sebagai dasar pelaksanaan konservasi pada Sub DAS Tenggarang.

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Berapa nilai intensitas curah hujan di daerah sepanjang aliran Sub DAS Tenggarang?
2. Berapa nilai laju infiltrasi di Sub DAS Tenggarang?
3. Daerah mana saja yang berpotensi sebagai pemasok banjir di sepanjang aliran Sub DAS Tenggarang?

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui nilai intensitas curah hujan di daerah sepanjang aliran Sub DAS Tenggarang.
2. Mengetahui nilai laju infiltrasi di Sub DAS Tenggarang.
3. Memetakan daerah potensi pemasok banjir di sepanjang aliran Sub DAS Tenggarang.

## **1.4 Manfaat**

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat dijadikan acuan sebagai dasar pelaksanaan konservasi pada Sub DAS Tenggarang.

## **1.5 Batasan Permasalahan**

Dalam penelitian ini adapun batasan masalahnya adalah sebagai berikut :

- Wilayah yang akan diambil adalah Sub DAS Tenggarang.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan proses perubahan yang terjadi pada air mulai dari air, uap air hingga menjadi air kembali yang berlangsung terus menerus tiada henti. Bermula dari air laut yang menguap dibawa oleh udara. Dan pada suhu tertentu uap tersebut menjadi awan dan terjadi presipitasi. Presipitasi jatuh ke bumi dalam bentuk hujan ataupun salju. Dari situ kemudian ada yang terserap ke dalam tanah (infiltrasi) kemudian terus mengalir ke dalam (perkolasi) dan ada juga yang menjadi limpasan (*run off*), baik limpasan permukaan ataupun limpasan bawah permukaan. Selain terserap ke dalam tanah, hasil presipitasi ada yang menguap kembali ke atmosfer. Limpasan permukaan mengalir ke daerah yang lebih rendah di sekitarnya untuk mengisi cekungan hingga sampai mengalir menuju laut. “Namun, sejumlah besar air permukaan dan air bawah tanah dikembalikan ke atmosfer oleh penguapan dan pemeluhan (transpirasi) sebelum sampai ke laut” (Linsley, dkk, 1989).

### 2.2. Daerah Aliran Sungai

Menurut Departemen Kehutanan (2009), “DAS adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air 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.” Karakteristik DAS terutama ditentukan oleh faktor lahan (topografi, tanah, geologi, geomorfologi) dan faktor vegetasi. Faktor tata guna lahan atau penggunaan lahan itulah yang akan mempengaruhi debit sungai dan kandungan lumpur pada daerah aliran sungai.

Menurut Departemen Kehutanan (2009), “Pengelolaan DAS adalah upaya dalam mengelola hubungan timbal balik antara sumber daya alam dengan sumber daya manusia di dalam DAS dan segala aktivitasnya untuk mewujudkan kemanfaatan



sumber daya alam bagi kepentingan pembangunan dan kelestarian ekosistem DAS serta kesejahteraan masyarakat.” Dalam merencanakan pengelolaan DAS, perubahan tata guna lahan (perubahan dari lahan hutan menjadi lahan pertanian atau bentuk tata guna lahan lainnya) serta pengaturan kemiringan dan panjang lereng misalnya pembuatan teras menjadi salah satu fokus aktivitas perencanaan pengelolaan DAS untuk mencegah terjadinya erosi dan dampak-dampak negatif lainnya.

Apabila suatu DAS dikelola dengan sistem yang baik seperti dengan pengelolaan yang berwawasan lingkungan, maka akan dapat mendorong praktek pengelolaan lahan yang kondusif yang mana dapat meminimalisir akibat yang terjadi di kemudian hari. Strategi yang tidak hanya diterapkan untuk alam saja, namun juga untuk SDM yang ada tidak menutup kemungkinan akan membawa dampak baik pula bagi SDM yang bermukim di sekitar DAS tersebut. Peranan SDM dalam pengelolaan DAS dinilai sangat vital karena mereka merupakan pengendali dari tata guna lahan yang ada pada DAS tersebut dimana apabila terjadi kesalahan pengelolaan akan menimbulkan bahaya tidak hanya bagi mereka yang bermukim di sana namun juga bagi mereka yang berada di sekitar DAS.

### **2.3 Curah Hujan**

Curah hujan merupakan tinggi air hujan (dalam mm) yang diterima di permukaan tanah sebelum mengalami siklus hidrologi selanjutnya. “Sedangkan intensitas hujan adalah jumlah curah hujan dibagi dengan selang waktu terjadinya hujan” (Handoko 1993).

“Intensitas curah hujan netto (setelah diintersepsi oleh vegetasi) yang melebihi laju infiltrasi mengakibatkan air hujan akan disimpan sebagai cadangan permukaan dalam tanah, apabila kapasitas cadangan permukaan terlampaui maka akan terjadi limpasan permukaan (*surface run-off*) yang pada akhirnya terkumpul dalam aliran sungai sebagai debit sungai. Limpasan permukaan yang melebihi kapasitas sungai maka kelebihan tersebut dikenal dengan istilah banjir” (Suherlan, 2001).

“Hujan selain merupakan sumber air utama bagi wilayah suatu DAS (Daerah Aliran Sungai), juga merupakan salah satu penyebab aliran permukaan bila kondisi tanah telah jenuh, maka air yang merupakan presipitasi dari hujan akan dijadikan aliran permukaan. Sedangkan karakteristik hujan yang mempengaruhi aliran permukaan dan distribusi aliran DAS adalah intensitas hujan, lama hujan dan distribusi hujan di areal DAS tersebut” (Arsyad 2000, diacu dalam Primayuda 2006).

## 2.4. Perbaikan Data

Pada saat pengukuran hujan menggunakan penakar hujan sering dijumpai beberapa masalah antara lain, hujan yang tidak tercatat sebagai akibat dari alat yang rusak ataupun akibat dari kealpaan pengamat pada saat periode pencatatan, masalah yang lain yang timbul dapat disebabkan karena perubahan kondisi di lokasi pencatatan hujan selama satu periode pencatatan. Akibat dari permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan analisis dengan melakukan koreksi berdasarkan data yang ada pada beberapa stasiun di sekitarnya.

### Pengisian Data Hilang

“Data hujan yang hilang di suatu stasiun dapat diisi dengan nilai perkiraan berdasar data dari tiga atau lebih stasiun terdekat di sekitarnya. Untuk mencari data yang hilang dapat menggunakan Metode Perbandingan Normal (*Normal Ratio Method*) dengan persamaan sebagai berikut” (Triatmodjo, 2009):

$$r = \frac{1}{n} \{(R/R_1)r_1 + (R/R_2)r_2 + (R/R_3)r_3 + \dots \dots + (R/R_n)r_n\} \quad (2.1)$$

dimana :

r = angka curah hujan (yang datanya tidak ada)

R = curah hujan rata-rata di sta yang akan diisi

R<sub>i</sub> = curah hujan rata-rata di sta pengisi

r<sub>i</sub> = curah hujan di sta pengisi

n = jumlah sta pengisi

## Pemeriksaan Konsistensi Data

Pemeriksaan konsistensi data dilakukan sebagai upaya untuk meminimalisir kesalahan yang terjadi akibat dari data hujan yang hilang. Pemeriksaan konsistensi data dilakukan menggunakan metode kurva massa ganda (*double mass curve*). Metode ini membandingkan hujan tahunan kumulatif di stasiun hujan y terhadap stasiun referensi x. Stasiun referensi biasanya adalah nilai rerata dari beberapa stasiun di dekatnya. Nilai kumulatif tersebut digambarkan pada sistem koordinat kartesian x-y, dan kurva yang terbentuk diperiksa untuk melihat perubahan kemiringan (*trend*). Apabila garis yang terbentuk lurus berarti pencatatan di stasiun y adalah konsisten. Apabila kemiringan kurva patah/berubah, berarti pencatatan di stasiun y tak konsisten dan perlu dikoreksi. “Koreksi dilakukan dengan mengalikan data setelah kurva berubah dengan perbandingan kemiringan setelah dan sebelum kurva patah” (Triatmodjo, 2009).

## 2.5. Analisis Frekuensi

“Analisis frekuensi adalah suatu analisis data hidrologi dengan menggunakan statistika yang bertujuan untuk memprediksi suatu besaran hujan atau debit dengan masa ulang tertentu. Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Sebaliknya, kala ulang (*return period*) diartikan sebagai waktu dimana hujan atau debit dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu tersebut. Dalam hal ini tidak berarti bahwa selama jangka waktu ulang tersebut (misalnya T tahun) hanya sekali kejadian yang menyamai atau melampaui, tetapi merupakan perkiraan bahwa hujan maupun debit tersebut akan disamai atau dilampaui K kali dalam jangka panjang L tahun dimana  $K/L$  kira-kira sama dengan  $1/T$ ” (Harto, 1993).

Curah hujan daerah ini diperkirakan dari beberapa titik pengamatan curah hujan. Cara-cara perhitungan curah hujan daerah dari pengamatan curah hujan di beberapa titik adalah sebagai berikut.

1. Cara rata-rata aljabar

Jika titik pengamatan banyak dan tersebar merata di seluruh daerah dapat digunakan cara ini. Hasil yang diperoleh dengan cara ini tidak berbeda jauh dari hasil yang didapat dengan cara lain.

2. Cara poligon Thiessen

Jika titik-titik pengamatan di dalam daerah itu tidak tersebar merata, maka perhitungan curah hujan harian rata-rata itu dilakukan dengan memerhitungkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan.

3. Cara Isohyet

“Isohyet adalah garis yang menghubungkan titik-titik dengan kedalaman hujan yang sama. Pada metode isohyet, dianggap bahwa hujan pada suatu daerah di antara dua garis isohyet adalah merata dan sama dengan nilai rerata dari kedua garis isohyet tersebut” (Triatmodjo, 2009).

Makin baik data yang tersedia, dalam pengertian kuantitatif dan kualitatif memberikan kemungkinan penggunaan cara analisis yang diharapkan dapat memberikan hasil perkiraan data hidrologi yang lebih baik, khususnya untuk menetapkan besar hujan atau debit dengan kala ulang tertentu. Kala ulang (*return period*) diartikan sebagai waktu dimana hujan atau debit dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu tersebut. Dalam statistik dikenal beberapa jenis distribusi frekuensi dan yang banyak digunakan dalam hidrologi adalah :

1. Distribusi Normal
2. Distribusi Log-Normal
3. Distribusi Log Pearson type III
4. Distribusi Gumbel

Masing-masing distribusi memiliki sifat-sifat khas sehingga setiap data hidrologi harus diuji kesesuaiannya dengan sifat statistik masing-masing distribusi tersebut. Pemilihan distribusi yang tidak benar dapat mengandung kesalahan perkiraan yang cukup besar baik, ‘*overestimated*’ maupun ‘*underestimated*’.

Dalam statistik dikenal beberapa parameter yang berkaitan dengan analisis data yang meliputi: 1) nilai rata-rata (mean), 2) simpangan baku, 3) koefisien variasi, 4) koefisien *skewness*, 5) koefisien kurtosis.

Tabel 2.1. Parameter Statistik Analisis Frekuensi

Parameter	Sampel
Rata-rata	$X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$
Simpangan Baku	$S = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$
Koefisien Variasi	$Cv = \frac{S}{\bar{X}}$
Koefisien Skewness	$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s^3}$
Koefisien Kurtosis	$Ck = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4}$

Sumber: Singh, 1992.

### Distribusi Normal

“Distribusi normal adalah simetris terhadap sumbu vertikal dan berbentuk lonceng yang juga disebut distribusi Gauss. Distribusi normal mempunyai dua parameter yaitu rerata  $\mu$  dan deviasi standart  $\sigma$  dari populasi. Dalam praktek, nilai rerata  $\bar{X}$  dan deviasi standart  $s$  diturunkan dari data sampel untuk menggantikan  $\mu$  dan  $\sigma$ ” (Triatmodjo, 2009). Fungsi distribusi normal mempunyai bentuk:

$$p(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(X-\mu)^2/(2\sigma^2)} \quad (2.2)$$

dengan  $X$  adalah variabel random dan  $p(X)$  adalah fungsi probabilitas kontinyu.

Analisis kuva normal cukup menggunakan parameter statistik  $\sigma$  dan  $\mu$ . Bentuk kurvanya simetris terhadap  $X = \mu$ , dan grafiknya selalu di atas sumbu datar  $X$  serta mendekati sumbu datar  $X$  dan dimulai dari  $X = \mu + 3\sigma$  dan  $X = \mu - 3\sigma$ , nilai mean =

median = modus. Nilai  $X$  mempunyai batasan  $-\infty < X < +\infty$ . Apabila suatu populasi data hidrologi mempunyai distribusi berbentuk distribusi normal, maka

- 1) Kira-kira 68,27% terletak di daerah satu deviasi standar sekitar nilai rata-ratanya yaitu antara  $(\mu - \sigma)$  dan  $(\mu + \sigma)$ .
- 2) Kira-kira 95,45% terletak di daerah dua deviasi standar sekitar nilai rata-ratanya yaitu antara  $(\mu - 2\sigma)$  dan  $(\mu + 2\sigma)$ .
- 3) Kira-kira 99,73% terletak di daerah tiga deviasi standar sekitar nilai rata-ratanya yaitu antara  $(\mu - 3\sigma)$  dan  $(\mu + 3\sigma)$ .

Sedangkan, nilai 50%-nya terletak di daerah antara  $(\mu - 0,6745\sigma)$  dan  $(\mu + 0,6745\sigma)$ .

“Rumus yang umum digunakan untuk distribusi normal adalah” (Suripin, 2004):

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S \quad (2.3)$$

dimana :

$X_T$  = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan

$\bar{X}$  = nilai rata-rata hitung sampel

$S$  = deviasi standar/simpangan baku nilai sampel

$K_T$  = faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau yang digunakan periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang

“Sifat khas lain yaitu nilai asimetris (koefisien *skewness*) hampir sama dengan nol dan dengan kurtosis 3 selain itu kemungkinan” (Jayadi, 2000):

$$P(\bar{x} - \sigma) = 15,78\%$$

$$P(\bar{x}) = 50\%$$

$$P(\bar{x} + \sigma) = 84,14\%$$

## Distribusi Log Normal

“Jika variabel acak  $Y = \text{Log } x$  terdistribusi secara normal, maka  $x$  dikatakan mengikuti distribusi Log Normal. PDF (*Probability Density Function*) untuk distribusi normal dalam bentuk rata-rata dan simpangan baku, sebagai berikut:

$$P'(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(X-\mu)^2/(2\sigma^2)}, X > 0 \quad (2.4)$$

dimana  $Y = \text{Log } X$

$P'(X)$  = peluang log normal

$X$  = nilai variat pengamatan

$\sigma_y$  = deviasi standart nilai variat  $Y$

$\mu_y$  = nilai rata-rata populasi  $Y$

Ini dapat dinyatakan dengan model matematik dengan persamaan:

$$Y_T = \bar{Y} + K_T S \quad (2.5)$$

dimana  $Y_T$  = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang  $T$  tahunan

$\bar{Y}$  = nilai rata-rata hitung sampel

$S$  = standart deviasi nilai sampel

$K_T$  = faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau yang digunakan periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang” (Singh, 1992).

Menurut Jayadi (2000), “ciri khas statistik distribusi Log Normal adalah nilai asimetris (koefisien *skewness*,  $C_s$ ) sama dengan tiga kali nilai koefisien variasi ( $C_v$ ) dan selalu bertanda positif.”

### Distribusi Log Pearson Type III

“Parameter penting dalam Log Pearson Type III yaitu harga rata-rata, simpangan baku, dan koefisien kemencengan. Jika koefisien kemencengan sama dengan nol maka distribusi kembali ke distribusi Log Normal. Tidak seperti konsep yang melatar beakangi pemakaian distribusi normal untuk debit puncak, maka probabilitas distribusi Log-Pearson III masih tetap dipakai karena fleksibilitasnya” (Suripin, 2004).

“Berikut ini langkah-langkah penggunaan distribusi Log Pearson Type III adalah sebagai berikut” (Linsley, *et al*, 1975):

1. Ubah data ke dalam bentuk logaritmis,  $X = \log X$  (2.6)

2. Hitung harga rata-rata:

$$\log \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (2.7)$$

3. Hitung harga simpangan baku:

$$S = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.8)$$

4. Hitung koefisien kemencengan:

$$CS = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \quad (2.9)$$

5. Hitung logaritma hujan dengan periode ulang T:

$$\text{Log } X_T = \log \bar{X} + K \cdot s \quad (2.10)$$

Menurut Jayadi (2000), “ciri khas statistik distribusi Log Pearson Type III adalah:

1. Jika tidak menunjukkan sifat-sifat seperti ketiga distribusi di atas
2. Gars teoritis probabilitasnya berupa garis lengkung.”

“Ada dua cara untuk mengetahui ketepatan distribusi probabilitas data hidrologi yaitu data yang ada diplot pada kertas probabilitas yang sudah desain didesain khusus atau menggunakan skala plot yang melinierkan fungsi distribusi. Suatu garis lurus yang memrepresentasikan sebaran data-data yang diplot kemudian ditarik sedemikian rupa berupa garis linier. Metode pengeplotan data dapat dilakukan secara empiris, persamaan yang umum digunakan adalah persamaan Weibull” (Soedibyo, 2003) :

$$Tr = \frac{n+1}{m} \quad (2.11)$$

dimana  $m$  = nomor urut (peringkat data setelah diurutkan dari besar ke kecil

$n$  = banyaknya data atau jumlah kejadian



### Distribusi Gumbel

Menurut Chow (1964), “rumus umum yang digunakan dalam metode Gumbel adalah sebagai berikut” :

$$X = \bar{X} + K.S \quad (2.12)$$

Dengan:  $\bar{X}$  = nilai rata-rata atau mean

S = standart deviasi (simpangan baku)

Faktor frekuensi K untuk nilai-nilai ekstrim Gumbel ditulis dengan rumus berikut ini:

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \quad (2.13)$$

dimana:  $Y_n$  = *reduced mean* yang tergantung jumlah sampel/data n

$S_n$  = *reduced standard deviation* yang juga tergantung pada jumlah data

$T_r$  = fungsi waktu balik (tahun)

$Y_{Tr}$  = *reduced variate* yang dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Y_{Tr} = -\ln \left\{ -\ln \frac{T_r - 1}{T_r} \right\} \quad (2.14)$$

“Ciri khas statistik distribusi Gumbel adalah nilai asimetris (koefisien *skewness*) sama dengan 1,14 dan dengan kurtosis ( $C_k$ ) = 5,4” (Harto, 1993).

### 2.6. Uji *Smirnov-Kolmogorov*

“Uji *Smirnov-Kolmogorov* digunakan untuk pengujian sampai dimana sebaran data tersebut berdasarkan hipotesis. Uji ini ditegaskan berdasarkan  $H_0$ : data mengikuti distribusi yang ditetapkan,  $H_a$ : data tidak mengikuti distribusi yang ditetapkan” (Danapriatna dan Setiawan, 2005).

Uji *Smirnov-Kolmogorov* dipakai untuk membedakan dua sebaran data anatar data pengamatan sebenarnya dengan data yang diharapkan. Uji statistik ini dapat dirumuskan:

$$D_n = \max\{F_0(x) - SN(x)\} \quad (2.15)$$

dimana  $F_0(x)$  menyatakan sebaran frekuensi kumulatif yaitu sebaran frekuensi teoritik berdasarkan  $H_0$ . Untuk setiap harga x,  $F_0(x)$  merupakan proporsi harapan

yang nilainya sama atau lebih kecil dari  $x$ .  $SN(x)$  adalah sebaran frekuensi kumulatif dari suatu sampel sebesar  $N$  pengamatan. Uji ini menitikberatkan pada perbedaan antara selisih yang terbesar.

Uji kecocokan *Smirnov-Kolmogorov* sering disebut uji kecocokan non parametrik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Menurut Chakravart, *et al* (1967), menyatakan bahwa “uji *Smirnov-Kolmogorov* dipergunakan untuk mengambil keputusan jika sampel tidak diperoleh dari distribusi spesifik. Tujuannya untuk menguji perbedaan distribusi kumulatif dari variabel kontinyu, sehingga merupakan *test of goodness of fit*. Uji *Smirnov-Kolmogorov* mencoba untuk memutuskan jika dua data berbeda secara signifikan.”

“Uji *Smirnov-Kolmogorov* mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan Uji *Chi-Square* antara lain, 1) Uji *Smirnov-Kolmogorov* tidak memerlukan data yang dikelompokkan sedangkan uji *Chi-Square* memerlukan, 2) Uji *Smirnov-Kolmogorov* dapat digunakan untuk sampel kecil sedangkan uji *Chi-Square* tidak, 3) Uji *Smirnov-Kolmogorov* datanya tidak harus bersifat kategorik seperti uji *Chi-Square*, 4) Uji *Smirnov-Kolmogorov* lebih fleksibel daripada uji *Chi-Square*” (Anonim, 2015).

## 2.7. Intensitas Curah Hujan

“Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada kurun waktu dimana air tersebut terkonsentrasi. Intensitas curah hujan dinotasikan dengan huruf  $I$  dengan satuan mm/jam” (Loebis, 1992).

Durasi adalah lamanya suatu kejadian hujan. Intensitas hujan yang tinggi pada umumnya berlangsung dengan durasi pendek dan meliputi daerah yang tidak begitu luas. Hujan yang meliputi daerah yang luas, jarang sekali dengan intensitas yang tinggi tetapi dapat berlangsung dengan durasi yang cukup panjang. “Durasi hujan yang biasa terjadi antara 1 – 6 jam bahkan maksimum 12 jam pun jarang terjadi” (Suroso, 2006).

Kurva frekuensi intensitas lamanya adalah kurva yang menunjukkan persamaan dimana  $t$  sebagai absis ( $x$ ) dan  $I$  sebagai ordinat ( $y$ ). “Intensitas hujan

(mm/jam) dapat diturunkan dari data curah harian (mm) empiris menggunakan Metode Mononobe, intensitas curah hujan (I) dalam rumus rasional dapat dihitung berdasarkan rumus” (Loebis, 1992):

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3} \quad (2.16)$$

dimana: R = curah hujan rancangan setempat (mm)

t = lamanya curah hujan (jam)

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

## 2.8. Infiltrasi

“Infiltrasi adalah aliran air ke dalam tanah melalui permukaan tanah. Di dalam tanah air mengalir dalam arah lateral, sebagai aliran antara (*interflow*) menuju mata air, danau, dan sungai; atau secara vertikal, yang dikenal dengan perkolasi (*percolation*) menuju air tanah. Gerak air di dalam tanah melalui pori-pori tanah dipengaruhi oleh gaya gravitasi dan gaya kapiler. Gaya gravitasi menyebabkan aliran selalu menuju ke tempat yang lebih rendah, sementara gaya kapiler menyebabkan air bergerak ke segala arah. Air kapiler selalu bergerak dari daerah basah menuju ke daerah yang lebih kering. Tanah kering mempunyai gaya kapiler lebih besar daripada tanah basah. Gaya tersebut berkurang dengan bertambahnya kelembaban tanah. Selain itu, gaya kapiler bekerja lebih kuat pada tanah dengan butiran halus seperti lempung daripada tanah berbutir kasar seperti pasir. Apabila tanah kering, air terinfiltrasi melalui permukaan tanah karena pengaruh gaya gravitasi dan gaya kapiler pada seluruh permukaan. Setelah tanah menjadi basah, gerak kapiler berkurang karena berkurangnya gaya kapiler. Hal ini menyebabkan laju infiltrasi menurun. Sementara aliran kapiler pada lapis permukaan berkurang, aliran karena pengaruh gaya gravitasi berlanjut mengisi pori-pori tanah. Dengan terisinya pori-pori tanah, laju infiltrasi berkurang secara berangsur-angsur sampai dicapai kondisi konstan, dimana laju infiltrasi sama dengan laju perkolasi melalui tanah” (Triatmodjo, 2009).

Dalam infiltrasi dikenal dua istilah, yaitu kapasitas infiltrasi dan laju infiltrasi, yang dinyatakan dalam mm/jam. Kapasitas infiltrasi adalah laju infiltrasi maksimum untuk suatu jenis tanah tertentu; sedang laju infiltrasi adalah kecepatan infiltrasi yang nilainya tergantung pada kondisi tanah dan intensitas hujan. Gambar kurva dibawah ini menunjukkan kurva kapasitas infiltrasi ( $f_p$ ) yang merupakan fungsi waktu. “Apabila tanah dalam kondisi kering ketika infiltrasi terjadi, kapasitas infiltrasi tinggi karena kedua gaya kapiler dan gravitasi bekerja bersama-sama menarik air ke dalam tanah. Ketika tanah menjadi basah, gaya kapiler berkurang yang menyebabkan laju infiltrasi menurun. Akhirnya kapasitas infiltrasi mencapai suatu nilai konstan, yang dipengaruhi terutama oleh gravitasi dan laju perkolasi” (Triatmodjo, 2009).



Gambar 2.1 . Kurva Kapasitas Infiltrasi

## 2.9. Infiltrometer

Infiltrometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur laju infiltrasi di lapangan. Infiltrometer yang sering dijumpai terdiri dari ring yang terbuat dari bahan yang kuat (baja dan besi) dengan diameter antara 22,5 dan 90 cm dan panjang antara 45 sampai 60 cm dan dipasang beberapa sentimeter ke dalam tanah dengan posisi tegak lurus tanah. Ada dua jenis infiltrometer, yaitu *single ring infiltrometer* yang terdiri satu ring dan *double ring infiltrometer* yang terdiri dari dua jenis ring. Ring terluar dari *double ring infiltrometer* mempunyai diameter lebih besar daripada ring bagian dalam. Selama dilakukannya penelitian di lapangan ring luar harus tetap terisi air agar menghindari adanya aliran air ke arah samping (horisontal) selama masa pengamatan.

“Infiltrometer genangan ini tidak memberikan kondisi infiltrasi yang sebenarnya terjadi di lapangan, karena pengaruh pukulan butir-butir hujan tidak diperhitungkan dan struktur tanah di sekeliling dinding silinder telah terganggu pada waktu pemasukannya ke dalam tanah. Tetapi meskipun mempunyai kelemahan, alat ini mudah dipindah dan dapat digunakan untuk mengetahui kapasitas infiltrasi di titik yang dikehendaki sesuai dengan tata guna lahan, jenis tanaman dan sebagainya” (Triatmodjo, 2009).

## 2.10. Kapasitas Infiltrasi

Keitka air hujan terkumpul di atas permukaan tanah, air tersebut akan terinfiltrasi melalui permukaan dan masuk ke dalam tanah dengan laju infiltrasi awal ( $f_0$ ) yang nilainya tergantung pada kadar air tanah saat itu. Dengan berlanjutnya hujan, laju infiltrasi berkurang karena tanah menjadi lebih basah. Laju infiltrasi sebagai fungsi waktu diberikan oleh Horton (1940) dalam persamaan (2.17) berikut:

$$f_t = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt} \quad (2.17)$$

dengan:

$f_t$  = kapasitas infiltrasi pada saat ke  $t$

$f_0$  = kapasitas infiltrasi awal

$f_c$  = kapasitas infiltrasi konstan, yang tergantung pada tipe tanah

$k$  = konstanta yang menunjukkan laju pengurangan kapasitas infiltrasi.

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa apabila suplai hujan melampaui kapasitas infiltrasi, infiltrasi berkurang secara eksponensial.

Konstanta  $k$  merupakan fungsi tekstur permukaan. Jika pada permukaan ada tanaman nilai  $k$  kecil, sedang jika tekstur permukaan halus seperti tanah gundul nilai tersebut besar.

Parameter  $f_0$  dan  $f_c$  adalah fungsi jenis tanah dan tutupan. Untuk tanah berpasir atau berkerikil nilai tersebut tinggi, sedang tanah berlempung yang gundul nilainya kecil, dan apabila permukaan tanah ada rumput nilainya bertambah.

Jumlah total air yang terinfiltrasi pada suatu periode tergantung pada laju infiltrasi dan fungsi waktu. Apabila laju infiltrasi pada suatu saat adalah  $f(t)$ , maka infiltrasi kumulatif atau jumlah air yang terinfiltrasi adalah  $V(t)$ . Laju infiltrasi dan jumlah air yang terinfiltrasi (volume total infiltrasi) adalah:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} \quad (2.18)$$

dan

$$V(t) = \int_0^t f(t)dt \quad (2.19)$$

Persamaan (2.19) menunjukkan bahwa jumlah air yang terinfiltrasi  $F(t)$  merupakan integral dari laju infiltrasi. Jumlah air yang terinfiltrasi tersebut adalah sama dengan volume air yang dituangkan dalam infiltrometer. Persamaan (2.18) adalah persamaan diferensial yang menunjukkan laju infiltrasi  $f(t)$ . Laju infiltrasi merupakan turunan dari infiltrasi kumulatif  $F(t)$ . Apabila laju infiltrasi diberikan oleh persamaan (2.17), maka persamaan (2.19) menjadi:

$$\begin{aligned} V(t) &= \int_0^t f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt} dt \\ V(t) &= f_c t + \frac{1}{k}(f_0 - f_c)(1 - e^{-kt}) \end{aligned} \quad (2.20)$$

Ketetapan untuk jenis tanah dan permukaannya atau disebut juga nilai konstanta  $K$  untuk melengkapi persamaan kurva kapasitas infiltrasi, maka persamaan Horton diolah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} f &= f_c + (f_0 - f_c) e^{-Kt} \\ f - f_c &= (f_0 - f_c) e^{-Kt} \end{aligned}$$

dilogaritman sisi kiri dan kanan,

$$\begin{aligned} \log(f - f_c) &= \log(f_0 - f_c) e^{-Kt} \quad \text{atau} \\ \log(f - f_c) &= \log(f_0 - f_c) - Kt \log e \\ \log(f - f_c) - \log(f_0 - f_c) &= -Kt \log e \end{aligned}$$

maka,

$$\begin{aligned} t &= (-1/(K \log e)) [\log(f - f_c) - \log(f_0 - f_c)] \\ t &= (-1/(K \log e)) \log(f - f_c) + (1/(K \log e)) \log(f_0 - f_c) \end{aligned}$$

Menggunakan persamaan umum liner,  $y = m X + C$ , sehingga :

$$y = t$$

$$m = -1/(K \log e), m = \text{gradien}$$

$$X = \log (f - f_c)$$

$$C = (1/K \log e) \log (f_o - f_c)$$

Mengambil persamaan,  $m = -1/(K \log e)$ , maka

$$K = -1/(m \log e) \text{ atau } K = -1/(m \log 2,718) \text{ atau } K = -1/0,434 m$$

## 2.11. Banjir

“Banjir memiliki dua arti yaitu meluapnya air sungai disebabkan oleh debitnya yang melebihi daya tampung sungai pada keadaan curah hujan yang tinggi dan arti kedua adalah banjir merupakan genangan pada daerah datar yang biasanya tidak tergenang” (Richards, diacu dalam Suherlan, 2001).

Banjir dipengaruhi oleh banyak faktor tetapi apabila dikelompokkan maka akan didapatkan tiga faktor yang berpengaruh terhadap banjir, yaitu elemen meteorologi, karakteristik fisik DAS, dan manusia. Elemen meteorologi yang berpengaruh pada timbulnya banjir adalah intensitas, distribusi, frekuensi, dan lamanya hujan berlangsung. Karakteristik DAS yang berpengaruh terhadap terjadinya banjir adalah luas DAS, kemiringan lahan, ketinggian, dan kadar air tanah. Manusia berperan pada percepatan perubahan penggunaan lahan seperti hutan lebat belukar. Pengaruh perubahan lahan terhadap perubahan karakteristik aliran sungai berkaitan dengan berubahnya areal konservasi yang dapat menurunkan kemampuan tanah dalam menahan air. Hal tersebut dapat memperbesar peluang terjadinya aliran permukaan dan erosi.

## 2.12. Jenis Tanah

Jenis tanah penting di Indonesia ada 11 macam, yaitu, organosol, alluvial, regosol, redzina, andosol, tanah mediteran, latosol, podsolik merah kuning, podsolik coklat kelabu, padsol dan grumosol.

## **Tanah Alluvial**

Sifat tanah alluvial adalah memiliki derajat keasaman (pH) yang rendah, kejenuhan basa rendah, struktur tanah jelek, dan C/N rasio yang bervariasi. Apa itu C/N rasio? C/N rasio adalah sebuah parameter yang menunjukkan kualitas unsur hara yang terdapat di dalam tanah. Ok kembali ke topic, tanah alluvial biasanya digunakan sebagai lahan padi sawah, palawija, nanas, dan tanaman lainnya. Untuk mengurangi pH yang rendah, tanah-tanah alluvial harus digenangi air, namun apabila digunakan sebagai lahan kering, maka jenis tanah ini akan mempunyai pH yang sangat rendah. Meskipun demikian, tanah ini mempunyai kandungan hara yang tinggi.

## **Tanah Andosol**

Tanah andosol merupakan tanah yang kesuburan kimianya rendah, namun memiliki kemampuan menahan air yang baik. Tanah ini cocok bila ditanam padi sawah. Selain padi tanah ini cocok untuk penanaman sayur sayuran, buah, bunga, teh, kopi, dll.

## **Tanah Latosol**

Tanah latosol merupakan tanah dengan status nutrisi yang rendah, selain itu, kandungan bahan organik pada tanah ini juga sedikit. Dapat disebut tanah ini mirip dengan Andosol. Tanah ini digunakan untuk penanaman kelapa sawit, coklat, kopi, teh dan karet.

## **Tanah Litosol**

Tanah Litosol merupakan tanah yang memiliki solum tanah yang dangkal dan sangat [eka terhadap erosi, sehingga tanaman yang cocok ditanam pada tanah-tanah jenis ini adalah tanaman keras, rumput dan palawija. Tanah litosol biasanya sering ditemukan di wilayah perbukitan dan pegunungan

## **Tanah Regosol**

Tanah regosol merupakan tanah dengan kandungan bahan organik yang rendah, selain itu tanah ini juga peka terhadap erosi. Tanah regosol cocok dipakai sebagai lahan untuk tanaman tembakau, tebu, palawija dan sayur sayuran. Untuk



mengatasi permasalahan rendahnya bahan organik dan ancaman erosi, buatlah sengkadan.

### **Tanah Grumosol**

Kandungan liat yang tinggi serta defisiensi akan unsure hara makro dan mikro merupakan ciri dari tanah ini. Untuk mengatasi kekurangan unsure tersebut perlu dilakukan pemupukan. Tanah ini cocok sekali untuk pertumbuhan padi, jagung, kedelai, tebu, kapas, tembakau dan tanaman tanaman berumur pendek lainnya.

### **Tanah Podsolik Merah Kuning**

Ciri khas dari tanah ini adalah warnanya. Factor pembatas pada tanah podsolik merah kuning adalah adanya lapisan pada yang dangkal, konkresi zat besi, defisiensi unsure hara mikro serta pH tanah yang rendah (tanah masam). Jenis tanaman yang baik diusahakan pada tanah podsolik merah kuning adalah tanaman ubi rambat, tembakau, buah buahan dan karet.

### **Tanaman Mediteran Merah Kuning**

Tanah ini memiliki factor pembatas yang sama dengan tanah podsolik merah kuning, sehingga untuk mengatasi factor factor tersebut dan untuk meningkatkan kesuburan tanahnya, perlu diberikan kapur/dolomite. Tanah jenis ini biasanya digunakan sebagai lahan tanaman karet dan tanaman kering lainnya.

## **2.13. Sistem Informasi Geografis (SIG)**

“*Geographic Information System* (GIS) adalah suatu sistem berbasis komputer yang mempunyai kemampuan untuk mengumpulkan, menyimpan, mengolah dan menganalisa, serta menyajikan data dalam sebuah informasi dari suatu obyek atau fenomena di permukaan bumi” (Ekadinata, 2008).

Menurut Prahasta (2001), “sistem informasi geografis terdiri atas beberapa subsistem, yaitu:

#### 1. Pemasukan data (*data input*)

Subsistem ini bertugas untuk mengumpulkan, mempersiapkan, dan menyimpan data spasial dan atributnya dari berbagai sumber, seperti dari foto udara, citra

satelit, peta analog, survei GPS, maupun data tabular. Sumber data tersebut selanjutnya dikonversikan atau ditransformasikan ke dalam format digital yang dapat digunakan oleh perangkat GIS yang bersangkutan.

## 2. Manajemen data

Sub-sistem ini mengorganisasikan baik data spasial maupun tabel-tabel atribut terkait ke dalam sebuah sistem basis data sedemikian rupa hingga mudah dipanggil kembali atau di-*retrieve*, diupdate, dan diedit. Di dalam GIS data atau informasi dengan berbagai tipe data yang kompleks dapat diintegrasikan kedalam suatu analisis tunggal, sehingga akan mempermudah *user*.

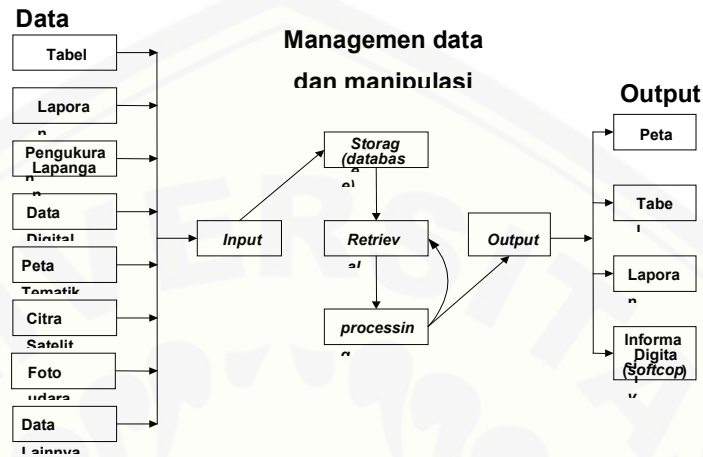
## 3. Manipulasi dan analisis data

Sub-sistem ini menentukan informasi-informasi yang dapat dihasilkan oleh GIS. Selain itu sub-sistem ini juga melakukan manipulasi (evaluasi dan penggunaan fungsi- fungsi dan operator matematis & logika) dan pemodelan data untuk menghasilkan informasi yang diharapkan.

## 4. Hasil keluaran (*data output*)

Sub-sistem ini bertugas untuk menampilkan atau menghasilkan keluaran (termasuk mengekspornya ke format yang dikehendaki, baik itu sebagian maupun seluruhnya). Hasil output dapat berbentuk *softcopy* maupun *hardcopy* seperti halnya tabel, grafik, report, peta, dan lain sebagainya.”

Berdasarkan jenis data masukan, proses, dan jenis keluarannya, hubungan subsistem GIS dapat diilustrasikan seperti gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2. Ilustrasi uraian subsistem GIS

GIS merupakan teknologi berbasis komputer yang dapat merepresentasikan *real world* (dunia nyata) di atas monitor sebagaimana lembaran peta yang dapat merepresentasikan dunia nyata di atas kertas. Data GIS berupa data digital, sehingga GIS memiliki kekuatan lebih dan fleksibilitas yang tinggi daripada lembaran peta kertas. Peta merupakan representasi grafis dari dunia nyata, obyek-obyek yang direpresentasikan di atas peta disebut unsur peta atau *map features*, seperti jalan, sungai, lokasi kota, area hutan, perkebunan, wilayah administratif, pulau, dan lain-lain. Karena peta mengorganisasikan unsur-unsur berdasarkan lokasi-lokasinya, sehingga peta sangat baik dalam memperlihatkan hubungan atau relasi yang dimiliki setiap unsur-unsurnya.

“GIS menyimpan semua informasi deskriptif unsur-unsurnya sebagai atribut-atribut di dalam basis data. Kemudian GIS membentuk dan menyimpannya dalam tabel-tabel yang saling berelasi. Selanjutnya, GIS 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. Karena itu, unsur-unsur peta dapat dicari dan ditemukan berdasarkan atribut-atributnya” (Andik, 2009).

Beberapa alasan pentingnya pemanfaatan GIS adalah sebagai berikut:

1. GIS menggunakan data spasial maupun atribut secara terintegrasi
2. GIS dapat memisahkan antara bentuk presentasi dan basis data
3. GIS mampu menguraikan unsur-unsur yang ada di permukaan bumi ke dalam beberapa *layer* atau *coverage* data spasial
4. GIS memiliki kemampuan yang sangat baik dalam memvisualisasikan data spasial berikut atributnya.
5. Semua operasi GIS dapat dilakukan secara interaktif
6. GIS dapat menghasilkan peta-peta tematik dengan mudah
7. GIS sangat membantu pekerjaan yang erat kaitanya dengan bidang spasial dan geoinformatika.

Peranan GIS dengan berbagai kelebihanya tersebut terus berkembang dan semakin bervariasi fungsinya. Selain sebagai pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan, GIS juga telah diaplikasikan untuk berbagai keperluan lain seperti untuk perencanaan jaringan telekomunikasi, perencanaan rute lalu lintas, pengelolaan fasilitas kota, dan sistem perencanaan tata kota.

## 2.14. ArcView GIS

Perangkat lunak sistem informasi geografis (SIG) saat ini telah banyak macamnya, seperti ArcView, Map Info, Surfer, ER Mapper, ILWIS, QuantumGIS dan ArcGIS. Setiap perangkat lunak tersebut tentunya memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. ArcView merupakan salah satu perangkat lunak SIG dan pemetaan generasi ke-2 setelah Arcinfo yang dikembangkan oleh *Environmental Systems Research Institute* (ESRI), sebuah perusahaan terkemuka yang bergerak dalam dunia SIG. ArcView GIS 3.3 merupakan produk ESRI terbaik dari seri ArcView.

“Salah satu kelebihan dari ArcView adalah kemampuannya berhubungan dan berkerja dengan bantuan *extensions*. *Extensions* dalam ArcView merupakan suatu

perangkat lunak yang bersifat “*plug-in*” dan dapat diaktifkan ketika penggunaanya memerlukan kemampuan fungsionalitas tambahan” (Prahasta, 2009). Extensions bekerja atau berperan sebagai perangkat lunak yang dapat dibuat sendiri, telah ada atau dimasukkan (*di-instal*) ke dalam perangkat lunak ArcView untuk memperluas kemampuan kerjanya. Beberapa contoh extensions antara lain seperti *Spasial Analyst*, *Edit Tools v3.1*, *Geoprocessing*, *JPGE (JFIF) Image Support*, *Legend Tool*, *Projection Utility Wizard*, *Register and Transform Tool* dan *XTools Extensions*.

## 2.15. Model Data

“Dalam analisis keruangan geografis, representasi obyek muka bumi dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu titik, garis, dan area. Perbedaan ketiga representasi tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Titik

Titik merupakan kenampakan geografi yang tidak memiliki dimensi (0D) seperti titik ketinggian, lokasi kota, lokasi pelabuhan, lokasi tambang, lokasi stasiun hujan, dll.

- Garis

Garis merupakan kenampakan geografis yang berdimensi satu (1D) seperti jalan, sungai, jalan KA, jalur penerbangan, arah angin, dll

- Area

Area merupakan kenampakan geografis yang berdimensi dua (2D) seperti area hutan, perkebunan, wilayah administrasi, pulau, dll

Data spasial merupakan model sekaligus representasi dunia nyata. Data spasial tersebut dibedakan sesuai dengan entitas atau obyek yang direpresentasikan. Dalam bentuk digital, entitas spasial dapat direpresentasikan dalam dua model data, yaitu model vektor dan model raster” (Budiyanto, 2010).

## **BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN**

### **3.1 Lingkup Penelitian**

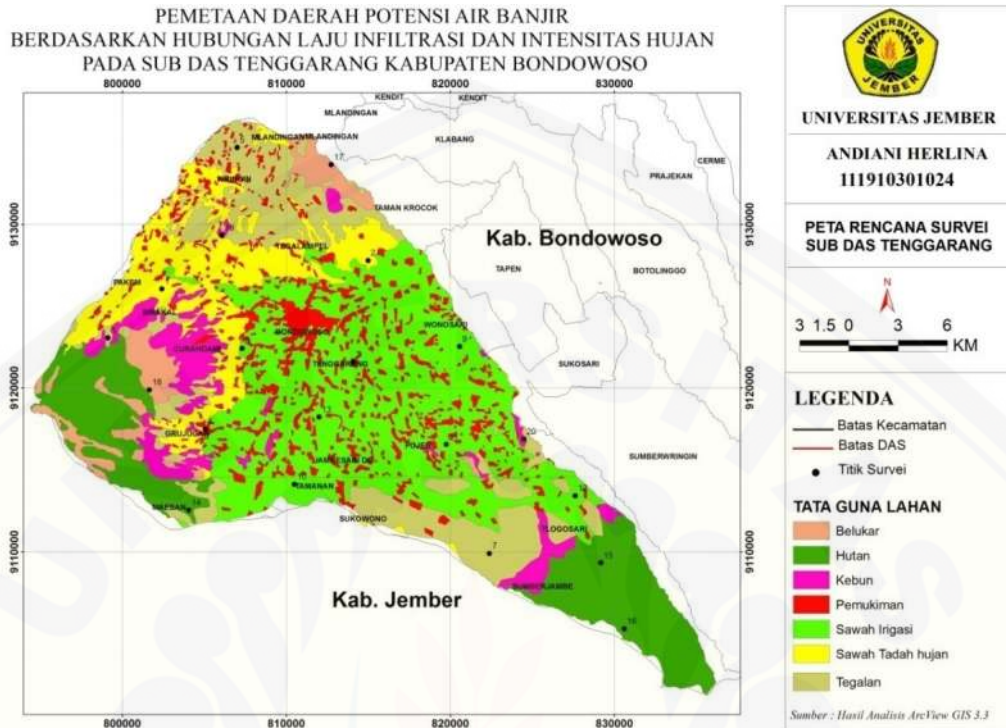
Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian deskriptif yaitu dengan mencari daerah yang berpotensi sebagai pemasok banjir berdasarkan laju infiltrasi dan intensitas hujan. Nilai laju infiltrasi yang digunakan merupakan nilai laju infiltrasi total dimana parameter-parameter untuk menghitungnya didapat dengan melakukan pengamatan langsung di lapangan menggunakan infiltrometer. Selanjutnya dengan parameter-parameter data infiltrasi di lapangan diolah menggunakan Metode Horton untuk mendapatkan nilai laju infiltrasi total. Sedangkan nilai intensitas hujan didapat dengan menghitung data curah hujan harian maksimum menggunakan analisis frekuensi untuk mendapatkan nilai curah hujan rancangan, kemudian diolah menggunakan rumus Mononobe untuk mendapatkan nilai intensitas hujan.

Penelitian ini dilakukan berdasarkan kajian pustaka (*literature review*) pada beberapa tulisan ilmiah yang dimuat di jurnal dan buku referensi sebagaimana tertera pada daftar pustaka.

### **3.2 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian dilaksanakan mulai bulan Desember sampai selesai. Tempat penelitian berada di Sub DAS Tenggarang Kabupaten Bondowoso.

Lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1 sebagai berikut:



Gambar 3.1. Peta Sub DAS Tenggarang

### 3.3 Alat dan Bahan

Beberapa alat dan bahan yang digunakan antara lain :

#### 3.2.1 Pengambilan sampel tanah di lapangan

1. Double Ring Infiltrometer (ring luar ukuran 60 cm, ring dalam 30 cm dan tinggi 40 cm)
2. Pulpen/pensil
3. Penghapus
4. Tabel pencatatan dan papan untuk alas menulis
5. Ember/Timba
6. Palu
7. Linggis
8. GPS
9. Kamera digital

## **3.4 Metodologi Penelitian**

Penelitian dilaksanakan dengan beberapa tahapan, antara lain : penentuan titik survei, pengumpulan data, dan pengolahan data.

### **3.4.1 Penentuan titik survei**

Peta administrasi Sub DAS Tenggarang digunakan sebagai acuan penentuan titik survei. Penentuan titik survey berdasarkan hasil overlay dari 3 peta, yaitu peta tata guna lahan, peta jenis tanah, dan peta kelas lereng. Teknik pengambilan sampel dilakukan menggunakan metode *Purposive Sampling* dimana pengambilan data dilakukan dengan sengaja sesuai syarat sampel yang diperlukan. Pengambilan data di lapangan dilakukan pada beberapa penggunaan lahan dengan kemiringan antara 0 sampai dengan >40% pada jenis tanah yang berbeda. Titik survey ditentukan dengan mengambil 5% dari prosentase luasan wilayah penelitian berdasarkan tata guna lahan yang berbeda. Overlay peta menggunakan perangkat lunak ArcView GIS 3.3.



Tabel 3.1. Titik Survey

Titik Survey	Tata guna lahan	Kabupaten	Kecamatan	Desa	Kelerengan	Jenis tanah	Koordinat UTM	
							x	y
1	Sawah tadah hujan	Bondowoso	Binakal	Sumberwaru	15-40	Latosol	802432	9125990
2	Sawah tadah hujan	Bondowoso	Taman krocok	Trebungan	2-15	Regosol	815067	9127811
3	Pemukiman	Bondowoso	Tenggarang	Kajer	0-2	Regosol	814059	9121494
4	Pemukiman	Bondowoso	Grujugan	Wonosari	2-15	Latosol	805106	9117463
5	Tegalan	Bondowoso	Wringin	Banyuwuluh	15-40	Latosol	807005	9134671
6	Tegalan	Bondowoso	Binakal	Sumberwaru	>40	Andosol	799137	9123083
7	Tegalan	Bondowoso	Sumberjambe	Jambearum	2-15	Regosol	822353	9109867
8	Sawah irigasi	Bondowoso	Curahdami	Kupang	2-15	Latosol	807354	9122385
9	Sawah irigasi	Bondowoso	Wonosari	Tumpeng	2-15	Regosol	820570	9122463
10	Sawah irigasi	Bondowoso	Tamanan	Wonosuko	0-2	Regosol	810532	9114091
11	Sawah irigasi	Bondowoso	Pujer	Maskuningwetan	2-15	Regosol	819756	9116494
12	Sawah irigasi	Bondowoso	Telogosari	Kembang	2-15	Regosol	827585	9113355
13	Sawah Irigasi	Bondowoso	Jambesari DS	Grujugan lor	0-2	Regosol	812082	9118199
14	Hutan	Bondowoso	Maesan	Tanahwulan	2-15	Latosol	804059	9112502
15	Hutan	Bondowoso	Tlogosari	Pakistan	>40	Regosol	829174	9109440
16	Hutan	Bondowoso	Sumberjambe	Jambearum	>40	Regosol	830608	9105254
17	Belukar	Bondowoso	Taman Krocok	Kretek	15-40	Mediteran	812625	9133664
18	Belukar	Bondowoso	Curahdami	Pakuwesi	>40	Andosol	801656	9119905
19	Kebun	Bondowoso	Wringin	Sumbermalang	2-15	Latosol	805959	9129400
20	Kebun	Bondowoso	Sukosari	Pecalongan	>40	Regosol	824485	9116904

## **3.4.2 Pengumpulan Data**

Adapun jenis data yang dibutuhkan yaitu data primer yang peneliti dapatkan dengan melakukan penelitian serta data sekunder yang didapatkan dari penelitian terdahulu ataupun dari dinas terkait.

### **3.4.2.1 Data Primer**

Pada penelitian ini data primer yang digunakan adalah data parameter untuk menghitung infiltrasi. Data parameter infiltrasi didapat dari penelitian langsung di lapangan dengan menggunakan alat yaitu double ring infiltrometer. Cara menggunakan double ring infiltrometer adalah sebagai berikut :

1. Double ring dimasukkan kedalam tanah hingga sedalam 10 cm, dengan kedudukan diusahakan tegak lurus serta tanah dalam silinder dijaga agar tidak rusak atau pecah.
2. Untuk menghindari kerusakan struktur tanah dalam silinder, maka sebelum dituangkan air, terlebih dahulu permukaan tanah ditutup plastik kemudian air dituangkan diatas plastik tersebut.
3. Sebelum penuangan air pada silinder tengah, maka silinder luar sebaiknya diisi air terlebih dahulu agar perembesan kearah luar berkurang, ring luar harus selalu terisi air saat pengamatan.
4. Setelah diisikan ke dalam ring tengah dengan cepat plastik ditarik dan ditambah air hingga ketinggian 30 cm, kemudian dibaca skala penurunan air setiap 5 menit sampai penurunan air dalam silinder konstan.
5. Hal tersebut dilakukan juga terhadap titik-titik pengukuran infiltrasi lainnya.

## 3.4.2.2 Data Sekunder

Data sekunder yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

- a. Peta administrasi Sub DAS Tenggarang dengan skala 1:25.000, peta jenis tanah Sub DAS Tenggarang dengan skala 1:25.000, peta tata guna lahan Sub DAS Tenggarang dengan skala 1:25.000, dan peta kelas lereng Sub DAS Tenggarang dengan skala 1:25.000.
- b. Data Curah Hujan Harian Stasiun yang berpengaruh terhadap Sub DAS Tenggarang (Tahun 1995-2014)

## 3.4.3 Pengolahan Data

Pengolahan data meliputi analisis data curah hujan dan analisis data pengamatan laju infiltrasi.

### 3.4.3.1 Analisa Data Curah Hujan

Analisa data curah hujan terdiri dari beberapa tahapan, antara lain :

#### 1. Pengumpulan Data Hujan

Pencarian dilakukan di instansi terkait yaitu Dinas Pengairan Kabupaten Bondowoso. Data curah hujan yang digunakan berupa data curah hujan tahunan (2004-2014) yang meliputi: 1) jumlah curah hujan dan 2) hari hujan. Data tersebut berasal dari stasiun-stasiun penakar hujan yang ada di wilayah Sub DAS Tenggarang.

#### 2. Pengisian Data Hujan yang Hilang

Pengisian data hujan yang hilang menggunakan Metode Perbandingan Normal (Normal Ratio Method) dengan persamaan sebagai berikut :

$$r = \frac{1}{n} \{ (R/R_1)r_1 + (R/R_2)r_2 + (R/R_3)r_3 + \dots + (R/R_n)r_n \}$$

dimana :

$r$  = angka curah hujan (yang datanya tidak ada)

$R$  = curah hujan rata-rata di sta yang akan diisi

$R_i$  = curah hujan rata-rata di sta pengisi

$r_i$  = curah hujan di sta pengisi

$n$  = jumlah sta pengisi

### 3. Uji Konsistensi Data Hujan

Uji konsistensi data digunakan untuk memeriksa kekonsistenan data yang ada pada satu stasiun hujan dengan jangka waktu pengamatan yang panjang menggunakan Metode Kurva Massa Ganda (*Double Mass Curve*).

### 4. Pembuatan Peta Curah Hujan

Pembuatan peta curah hujan menggunakan Metode Isohyet. Data curah hujan diolah menjadi data curah hujan tahunan rata-rata kemudian diinput pada software ArcView GIS 3.3 berikut peta lokasi stasiun penakar hujan dan peta wilayah Sub DAS Tenggarang untuk kemudian diinterpolasi menggunakan interpolasi IDW (Inverse Distance Weighting) untuk mencari daerah yang memiliki curah hujan yang sama dengan mempertimbangkan jarak antar stasiun. Metode interpolasi digunakan untuk menduga nilai-nilai yang tidak diketahui pada lokasi yang berdekatan sehingga membentuk suatu area. Interpolasi IDW digunakan karena relatif lebih mudah serta sebaran nilai curah hujan tahunan rata-rata lebih tersebar merata sehingga menghasilkan interpolasi yang lebih halus.

Langkah awal untuk membuat data spasial dimulai dengan mengaktifkan theme peta persebaran lokasi stasiun hujan yang berbentuk *feature point* (titik) dan peta Sub DAS Tenggarang dalam sebuah view. Peta persebaran lokasi stasiun penakar hujan berisi data tentang nama stasiun hujan, koordinat lokasi stasiun penakar hujan, curah hujan bulanan dan rata-rata curah hujan tahunan.

Adapun langkah-langkah untuk membuat peta isohyet pada ArcView GIS 3.3 yaitu sebagai berikut:

- a. Mengaktifkan `sta_hjn.shp`, `watershed_tenggarang_oke.shp` dan *Ekstension Spasial Analyst*.

- b. Setelah *ekstension spasial analysis* aktif, maka akan muncul menu *Analysis* dan *Surface*.
  - c. Untuk membuat garis kontur isohyet curah hujan rata-rata tahunan maka langkah selanjutnya adalah memilih menu *surface* dan sub menu *Create Contours*. Pilih ukuran *grid cell* yang dipakai atau dihasilkan, metode konturing dan *field* yang akan digunakan. Pembuatan peta ini menggunakan ukuran *grid cell* sebesar 30 m<sup>2</sup> didasarkan pada hasil kontur yang akan lebih halus dimana semakin kecil ukuran *grid cell* maka hasil garis kontur akan semakin halus. *Field* yang digunakan adalah curah hujan yang terdapat pada *theme sta\_hjn.shp*.
  - d. Hasil dari proses ini adalah peta garis isohyet curah hujan untuk semua stasiun hujan.
5. Penentuan Pola Distribusi Hujan
- Penentuan penggunaan distribusi untuk menghitung curah hujan rancangan berdasarkan pada analisis parameter statistik. Terdapat 4 metode yang kemungkinan digunakan, antara lain, 1) Metode Normal, 2) Metode Log Normal, 3) Metode Log Pearson Type III, 4) Metode Gumbel.
6. Uji Kesesuaian Distribusi
- Uji kesesuaian distribusi menggunakan Uji *Smirnov-Kolmogorov*. Uji ini dikatakan memenuhi apabila nilai  $D_{kritis} > D_{maks}$ .  $D_{kritis}$  didapatkan dari tabel nilai kritis untuk Uji *Smirnov-Kolmogorov*, sedangkan  $D_{maks}$  didapat dari perhitungan data stasiun hujan yang ada.
7. Curah Hujan Rancangan
- Setelah dilakukan uji kesesuaian pola distribusi hujan terpilih menggunakan Uji *Smirnov-Kolmogorov* dan dinyatakan memenuhi syarat  $D_{kritis} > D_{maks}$  maka dilakukan perhitungan curah hujan rancangan menggunakan parameter-parameter yang sesuai dengan pola distribusi terpilih.
8. Menghitung Intensitas Hujan
- Intensitas hujan dihitung menggunakan persamaan Mononobe

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3}$$

- dimana: R = curah hujan rancangan setempat (mm)  
 t = lamanya curah hujan (jam)  
 I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

## 9. Peta Persebaran Intensitas Hujan

Peta persebaran intensitas hujan dibuat menggunakan metode IDW seperti yang dilakukan pada pembuatan peta isohyet hujan. Adapun langkah-langkah untuk membuat peta isohyet pada ArcView GIS 3.3 yaitu sebagai berikut:

- Mengaktifkan *sta\_hjn.shp*, *watershed\_tenggarang\_oke.shp* dan *Ekstension Spasial Analysisist*.
- Setelah *ekstension spasial analysisist* aktif, maka akan muncul menu *Analysis* dan *Surface*.
- Kemudian pilih tabel pada toolbar. Setelah itu pilih menu *table* dan pilih *start editing*, *edit* dan terakhir *add field*. Pada *field* baru kemudian diberi nama *Intensitas\_hujan* dan *Kelas\_intensitas* dan dimasukkan data perhitungan intensitas hujan berikut kelas klasifikasinya. Klasifikasi dari tingkat intensitas hujan didasarkan pada tabel berikut:

Tabel 3.2. Klasifikasi intensitas hujan rata-rata harian

Kelas	Intensitas Curah Hujan (mm/hari)	Klasifikasi
I	≤ 13,6	Sangat rendah
II	13,6 – 20,7	Rendah
III	20,7 – 27,7	Sedang
IV	27,7 – 34,8	Tinggi
V	>34,8	Sangat tinggi

Sumber : Wiharta et al (1997:239)

- Untuk membuat garis kontur maka langkah selanjutnya adalah memilih menu *surface* dan sub menu *Create Contours*. Pilih ukuran *grid cell* yang dipakai atau dihasilkan, metode konturing dan *field* yang akan digunakan. Pembuatan peta ini menggunakan ukuran *grid cell* sebesar 30 m<sup>2</sup> didasarkan pada hasil kontur yang akan lebih halus dimana semakin kecil ukuran *grid cell* maka hasil garis kontur

akan semakin halus. Aktifkan table *Field* yang digunakan adalah curah hujan yang terdapat pada *theme* sta\_hjn.shp.

- e. Selanjutnya dilakukan reklasifikasi (*reclassify*). Reklasifikasi digunakan untuk mengelompokkan kembali nilai sel berdasarkan kriteria yang telah ditentukan. Pilih *Reclassify* dari menu *Analysis* dan isikan *classification field* dari tabel atribut mana yang akan digunakan dimana dalam hal ini *field* yang digunakan adalah *Kelas\_intensitas*.
- f. Hasil dari proses ini adalah peta persebaran intensitas hujan berdasarkan klasifikasi yang telah ditetapkan.

### 3.4.3.2 Analisa Data Pengamatan Laju Infiltrasi

1. Menghitung nilai laju infiltrasi

Setelah dilakukan penelitian di lapangan hingga didapat data laju infiltrasi awal ( $f_0$ ) dan laju infiltrasi konstan ( $f_c$ ), maka selanjutnya adalah menghitung laju infiltrasi menggunakan Metode Horton :

$$f = f_c + (f_0 - f_c) \times e^{-kt}$$

Dimana :

$f$  = laju infiltrasi (cm/menit)

$f_0$  = laju infiltrasi awal (cm/menit)

$f_c$  = laju infiltrasi konstan (cm/menit)

$k$  = konstanta

$t$  = waktu (menit)

2. Menghitung nilai volume infiltrasi total

Setelah didapat nilai laju infiltrasi, kemudian dihitung nilai volume infiltrasi total untuk mengetahui kapasitas maksimum tanah pada lokasi tersebut menggunakan persamaan

$$V(t) = f_c \cdot t + \frac{1}{k} (f_0 - f_c) (1 - e^{-kt})$$

3. Membuat peta laju infiltrasi

Proses pembuatan peta laju infiltrasi sama dengan pada proses pembuatan peta intensitas hujan. Menggunakan interpolasi IDW karena relatif lebih mudah serta menghasilkan interpolasi yang lebih halus. Kemudian hasil dari IDW ini dikelaskan kembali dengan perintah *reclassify* agar mendapatkan hasil yang sesuai dengan klasifikasi yang telah ditetapkan. Data yang digunakan dalam pengklasifikasian ini adalah data volume infiltrasi total. Klasifikasi laju infiltrasi berdasarkan US Soil Conservation.

Tabel 3.3. Klasifikasi Infiltrasi Tanah

Deskripsi	Infiltrasi (mm/jam)
Sangat lambat	< 1
Lambat	1-5
Sedang lambat	5-20
Sedang	20-63
Sedang cepat	63-127
Cepat	127-254
Sangat cepat	> 254

Sumber : U.S Soil Conservation

### 3.4.3.3 Membuat Layout Peta Keseluruhan

Layout peta dilakukan dengan menggunakan software Arc GIS. Adapun yang harus tertera dalam hasil layout yaitu garis grid koordinat (UTM), judul peta, legenda, skala pada peta, serta tampilan peta yang akan disajikan, yang berasal dari hasil pengolahan dan analisis pada Arc View 3.3. berupa file shp.

### 3.4.4 Pemetaan Daerah Potensi Pemasok Banjir

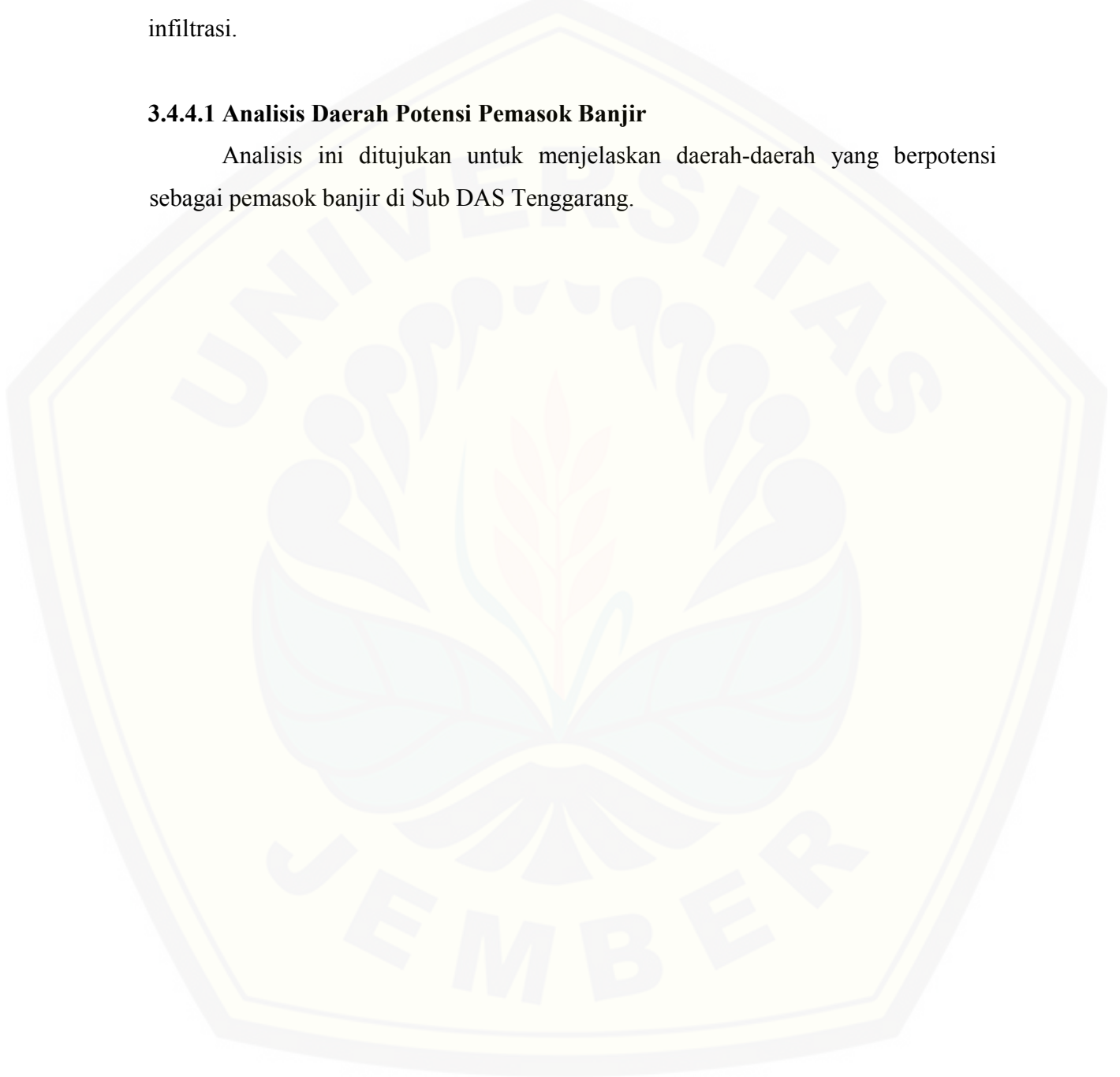
Untuk mendapatkan peta daerah potensi pemasok banjir, dilakukan overlay dua peta yaitu peta intensitas hujan dan peta laju infiltrasi yang sebelumnya telah dibuat. Overlay ini merupakan hasil gabungan dari peta intensitas hujan dengan peta laju infiltrasi total. Overlay dalam bentuk peta ini nanti akan memberikan informasi baru dalam bentuk luasan atau poligon yang terbentuk dari irisan-irisan beberapa poligon dari peta-peta tersebut. Dari hasil overlay ini kemudian dapat diketahui daerah mana saja yang berpotensi sebagai pemasok banjir. Daerah tersebut dikatakan



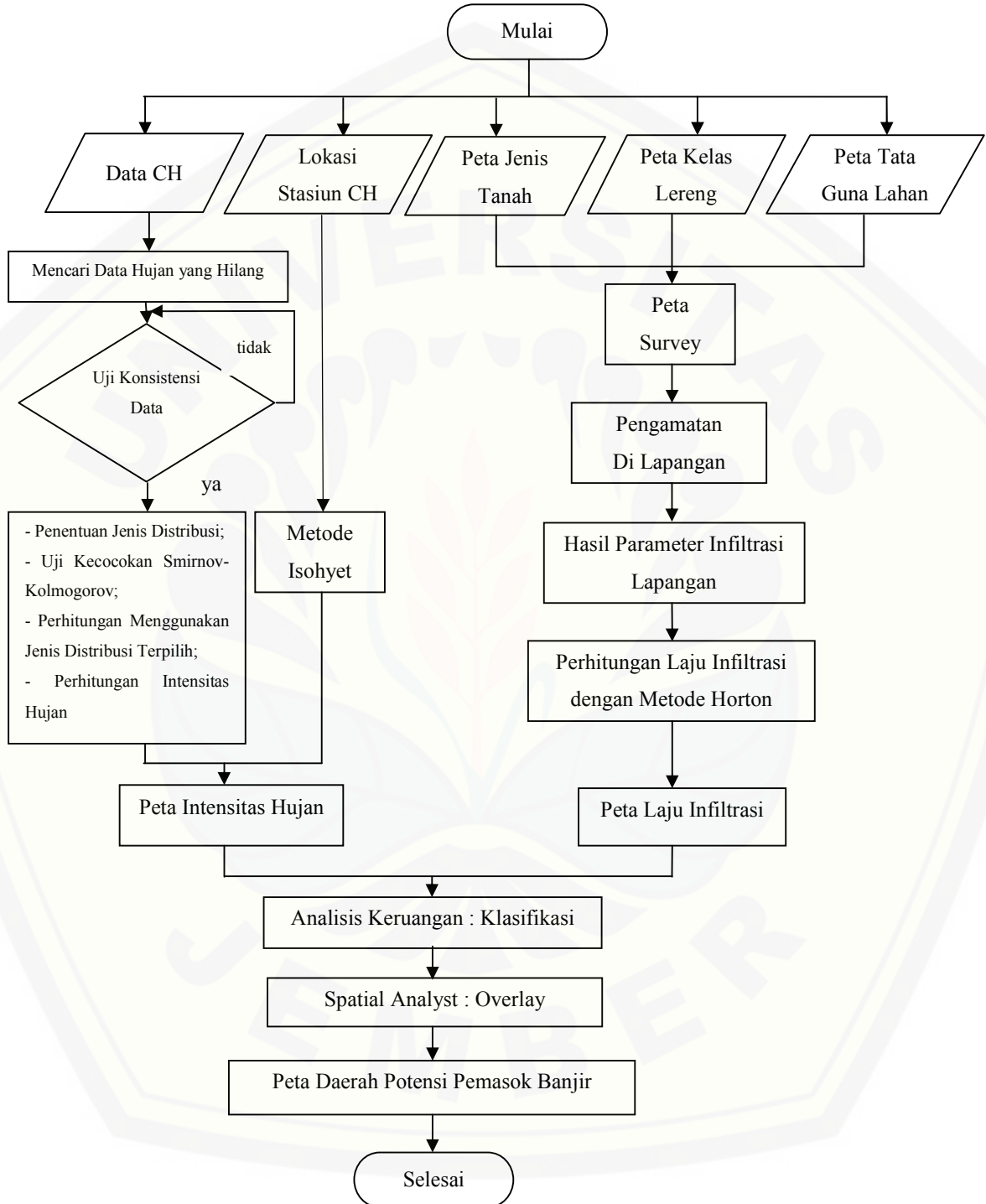
berpotensi jika nilai intensitas hujan lebih dari nilai laju infiltrasi, sebaliknya daerah tersebut dikatakan tidak berpotensi jika nilai intensitas hujan kurang dari nilai laju infiltrasi.

### **3.4.4.1 Analisis Daerah Potensi Pemasok Banjir**

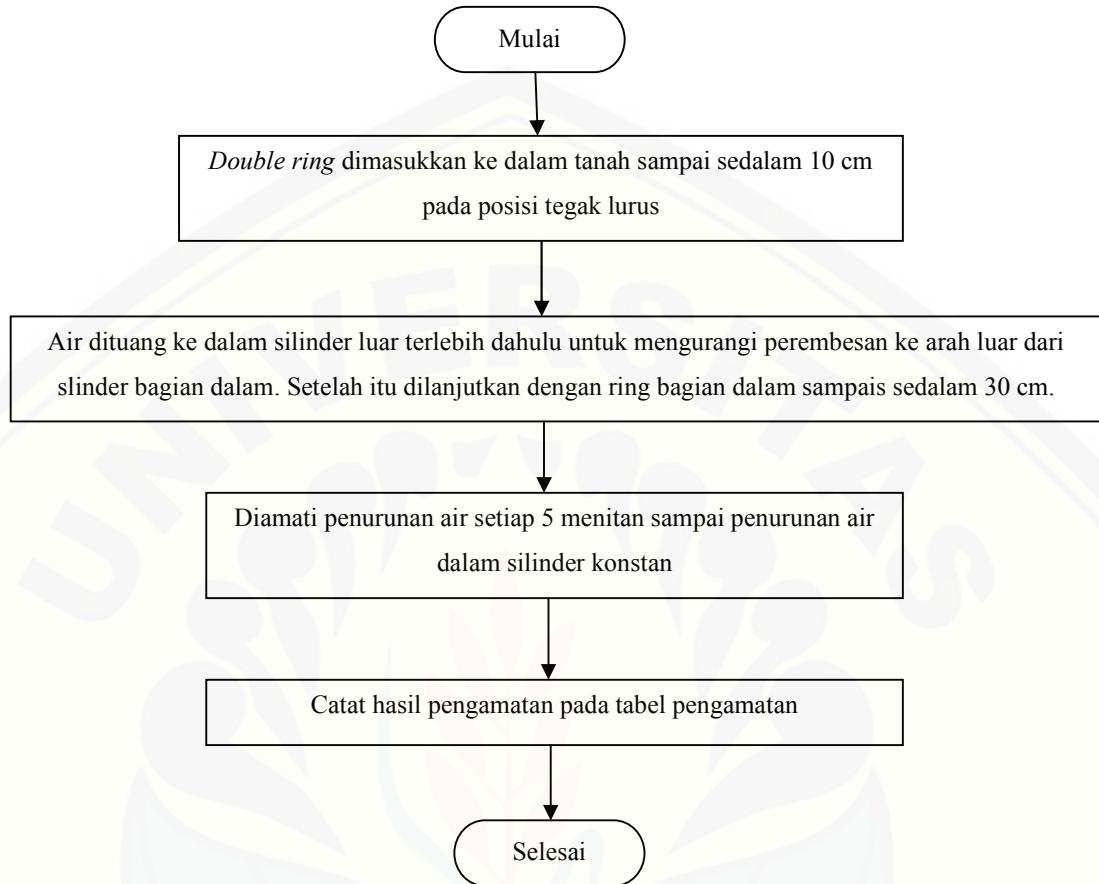
Analisis ini ditujukan untuk menjelaskan daerah-daerah yang berpotensi sebagai pemasok banjir di Sub DAS Tenggarang.



3.4.5 Kerangka Penelitian



Gambar 3.2. Flowchart Penelitian



Gambar 3.3. Flowchart Pengamatan Laju Infiltrasi di Lapangan

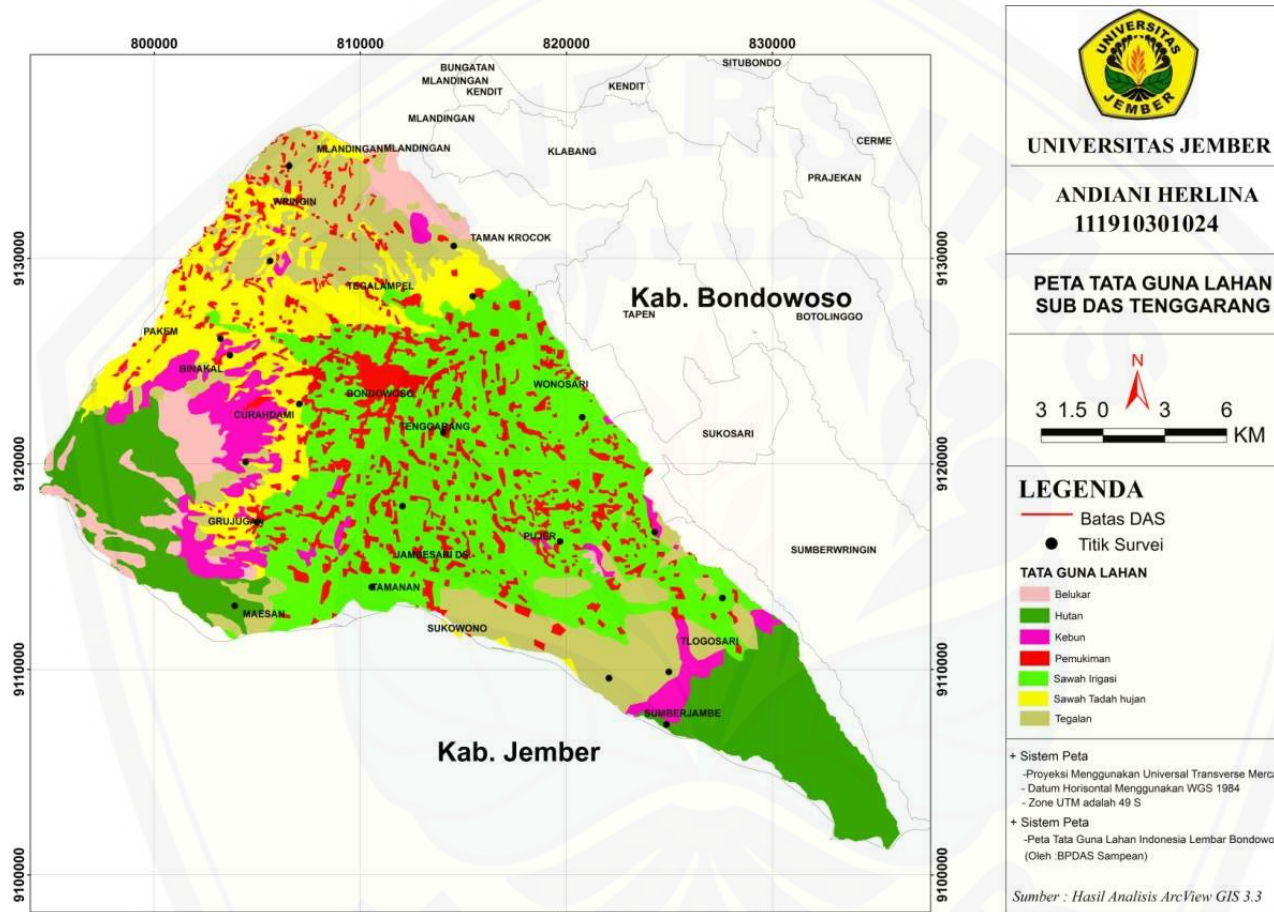
## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Kondisi Sub DAS Tenggarang

Sub DAS Tenggarang merupakan bagian dari DAS Sampean. Hulu sungai Sampean berada di Kabupaten Bondowoso hingga bermuara pada daerah hilir di Kabupaten Situbondo kemudian terus mengalir sampai perairan di utara Kabupaten Situbondo.

Ada 17 stasiun penakar hujan yang berada di Sub DAS Tenggarang, yaitu Ancar, Clangap, Grujugan Lor, Kasemek, Kejayan, Klabang, Maesan, Maskuning Wetan, Pakisan, Pinang Pait, Sumber Dumpyong, Selolembu, Sukokerto, Tlogosari, Wonosari II, Wonosroyo, dan Wringin. Ada 1 stasiun penakar hujan di luar Sub DAS Tenggarang namun letaknya berdekatan sehingga ada kemungkinan berpengaruh terhadap kondisi Sub DAS Tenggarang yaitu Wonosari I. Sehingga total stasiun penakar hujan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 18 buah.

Kondisi tata guna lahan di Sub DAS Tenggarang terdiri dari sawah tadah hujan, sawah irigasi, tegalan, hutan, belukar, kebun hingga pemukiman warga. Peta tata guna lahan ditampilkan pada gambar 4.1 berikut,



Gambar 4.1. Peta Tata Guna Lahan Sub DAS Tenggarang

Berdasarkan peta tata guna lahan tersebut, Sub DAS Tenggarang dapat dikelompokkan ke dalam beberapa penggunaan lahan yang luas masing-masing lahan tersaji dalam tabel sebagai berikut.

Tabel 4.1. Data penggunaan lahan pada Sub DAS Tenggarang

Jenis Penutup Tanah	A (ha)
Sawah irigasi	19.535,603
Tegalan	9.408,252
Hutan	9.047,189
Sawah tadah hujan	7.622,558
Pemukiman warga	6.383,494
Kebun	3.935,435
Belukar	2.610,809
Total	58.543,340

Dari data di atas dapat diketahui bahwa kondisi tata guna lahan pada Sub DAS Tenggarang didominasi oleh sawah irigasi.

## 4.2 Analisis Curah Hujan

### 4.2.1 Curah Hujan Harian Maksimum

Sebelum menghitung besarnya intensitas hujan, perlu untuk menghitung besarnya curah hujan rencana yang terjadi di Sub DAS Tenggarang. Oleh karena itu, diperlukan data curah hujan harian maksimum selama beberapa tahun terakhir pada stasiun penakar hujan yang berada di Sub DAS Tenggarang ataupun yang terdekat. Data curah hujan harian maksimum yang digunakan diperoleh dari Dinas Pengairan Kabupaten Bondowoso yang merupakan data curah hujan harian selama 20 tahun terakhir (1995-2014) dari 18 stasiun hujan yaitu, Ancar, Clangap, Grujugan Lor, Wonosari I, Kasemek, Kejayan, Klabang, Maesan, Maskuning Wetan, Pakisan, Pinang Pait, Sumber Dumpyong, Selolembu, Sukokerto, Tlogosari, Wonosari II, Wonosroyo, dan Wringin. Data curah hujan harian maksimum di stasiun-stasiun seperti yang telah disebutkan diperlihatkan dalam tabel 4.2

Tabel 4.2. Data Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan Tahun 1995 s.d. 2014 (mm)

Tahun	Sta. Ancar	Sta. Klabang	Sta. Sbr Dumpyo ng	Sta. Wringin	Sta. Selolembu	Sta. Wonosari I	Sta. Grujungan Lor	Sta. Wonosari II	Sta. Maesan	Sta. Wono sroyo	Sta. Kejayan	Sta. Pn. Pait	Sta. Kase mek	Sta. Clangap	Sta. Pakisan	Sta. Suko kerto	Sta. Tlogo sari	Sta. Mn. Wetan
1995	80	80	95	100	62	72	95	141	102	68	57	102			75	212	90	70
1996	75	90	73	96	67	63	88	72	68	500	59	68			46	90	97	60
1997		176	97	93	162	110	70	66	157	93	60	157			123	90	160	114
1998	95	80	57	88	92	81	80	89	80	63	64	80			230	95	70	89
1999	85	80	80	85	89	78	95	93	95	75	72	95			86	90	75	82
2000	67	208	80	98	147	100		105		119	76							
2001	90	60		100	96	41	99	115	197	66	63	99			69	78		65
2002	98	119	203	210	146	100			128	232	94	151			116	110		98
2003	68	80	90		100	94	84	98	83	75	80	82	82		77	96	33	70
2004	92	125	164	110	102	68	61	93	104	72	60	83	52		78	77	70	50
2005	92	200	73	160		81	111	180	103	87	51	71	45		62		68	75
2006	86	116	132	160	70	80	89	91	101	90	95	93	95		68	85	67	61
2007	79	106	74	114	70	85	107	93	81	71	51	99	50	135	86	90	83	78
2008	108	189	182	260	65	117	122	369	137	130	87	149	89	99	119	97	98	92
2009	76	89	108	90	48	66	78	82	68	68	52	68	60	114	78	98	84	72
2010	87	120	80	130	69	93	83	98	161	95	63	125	73	81	100	84	95	54
2011	74	54	117	112	90	44	77	100	130	85	63	79	47	106	95	77	132	64
2012	70	124	139	111	75	92	73	98	140	83	63	96	59	127	124	121	125	136
2013	89	105	145	80	118	77	122	105	105	172	107	126	98	145	105	120	117	80
2014	88	57	98	54	95	80	71	89	124	75	63	59	66	112	67	120	60	69
	1.675	2.258	2.170	2.360	1.873	1.622	1.839	2.354	2.263	2.319	1.380	2.016	1.478	2.200	1.889	2.020	1.798	1.530
	84	113	109	115	94	81	92	118	113	116	69	101	74	110	94	101	90	77

Sumber: Dinas Pengairan Kabupaten Bondowoso, 2015

## 4.2.2 Pengisian Data Hujan yang Hilang

Dalam tabel 4.1 terlihat bahwa ada beberapa data pengamatan yang hilang. Hal demikian dikarenakan oleh berbagai alasan, antara lain, alat pengamatan yang rusak ataupun *human error*, selain itu juga karena adanya perubahan kondisi di lokasi pencatatan selama satu periode pencatatan, seperti pemindahan atau perbaikan stasiun, perubahan prosedur pengukuran atau karena adanya penyebab lain (Bambang Triatmodjo, 2009).

Data hujan yang hilang dapat diisi dengan koreksi terhadap tiga atau lebih stasiun yang ada di sekitarnya. Berdasarkan tabel 4.2, dapat diketahui data yang hilang berada di stasiun hujan antara lain:

1. Data curah hujan maksimum tahunan sta. Ancar tahun 1997
2. Data curah hujan maksimum tahunan sta. Sumber Dumpyong tahun 2001
3. Data curah hujan maksimum tahunan sta. Wringin tahun 2003
4. Data curah hujan maksimum tahunan sta. Selolembu tahun 2005
5. Data curah hujan maksimum tahunan sta. Grujung Lor tahun 2000 dan 2002
6. Data curah hujan maksimum tahunan sta. Wonosari II tahun 2002
7. Data curah hujan maksimum tahunan sta. Maesan tahun 2000
8. Data curah hujan maksimum tahunan sta. Pinang Pait tahun 2000
9. Data curah hujan maksimum tahunan sta. Kasemek tahun 1995 s.d. 2002
10. Data curah hujan maksimum tahunan sta. Clangap tahun 1995 s.d. 2006
11. Data curah hujan maksimum tahunan sta. Pakisan tahun 2000
12. Data curah hujan maksimum tahunan sta. Sukokerto tahun 2000 dan 2005
13. Data curah hujan maksimum tahunan sta. Tlogosari tahun 2000 s.d. 2002
14. Data curah hujan maksimum tahunan sta. Maskuning Wetan tahun 2000

### **Pengisian data hilang 1, data curah hujan maksimum tahunan sta. Pinang Pait tahun 2000**

Stasiun-stasiun yang datanya dipakai untuk pengisian data antara lain, Sta Klabang, Sta Wonosroyo, dan Sta Kejayan. Hal ini didasarkan letaknya berdekatan



dengan Sta Pinang Pait sehingga memungkinkan untuk adanya pengaruh terhadap data pada Sta Pinang Pait. Perhitungan data hilang menggunakan persamaan 2.1.

$$r = \frac{1}{n} \{(R/R_1)r_1 + (R/R_2)r_2 + (R/R_3)r_3\}$$

$$r = \frac{1}{3} \{(0,918 \times 208) + (0,855 \times 119) + (1,443 \times 76)\}$$

$$r = 134$$

Dengan menggunakan metode penyelesaian yang sama, maka didapatkan data stasiun hujan yang hilang lainnya. Sehingga data curah hujan maksimum tahunan seperti diperlihatkan pada tabel 4.2, menjadi lengkap (tidak terdapat data yang kosong) seperti diperlihatkan pada tabel 4.3 di bawah ini:

Tabel 4.3. Data Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan Tahun 1995 s.d. 2014 (mm) (setelah data kosong diisi)

Tahun	Sta. Ancar	Sta. Klabang	Sta. Sbr Dumpyo ng	Sta. Wringin	Sta. Selolembu	Sta. Wonosari I	Sta. Grujugan Lor	Sta. Wonosari II	Sta. Maesan	Sta. Wono sroyo	Sta. Kejayan	Sta. Pn. Pait	Sta. Kase mek	Sta. Clangap	Sta. Pakisan	Sta. Suko kerto	Sta. Tlogo sari	Sta. Mn. Wetan
1995	80	80	95	100	62	72	95	141	102	68	57	102	63	134	75	212	90	70
1996	75	90	73	96	67	63	88	72	68	500	59	68	136	85	46	90	97	60
1997	76	176	97	93	162	110	70	66	157	93	60	157	73	149	123	90	160	114
1998	95	80	57	88	92	81	80	89	80	63	64	80	57	147	230	95	70	89
1999	85	80	80	85	89	78	95	93	95	75	72	95	67	102	86	90	75	82
2000	67	208	80	98	147	100	96	105	99	119	76	135	83	96	85	90	82	61
2001	90	60	83	100	96	41	99	115	197	66	63	99	64	88	69	78	77	65
2002	98	119	203	210	146	100	138	177	128	232	94	151	119	134	116	110	115	98
2003	68	80	90	109	100	94	84	98	83	75	80	82	82	85	77	96	33	70
2004	92	125	164	110	102	68	61	93	104	72	60	83	52	83	78	77	70	50
2005	92	200	73	160	110	81	111	180	103	87	51	71	45	93	62	100	68	75
2006	86	116	132	160	70	80	89	91	101	90	95	93	95	85	68	85	67	61
2007	79	106	74	114	70	85	107	93	81	71	51	99	50	135	86	90	83	78
2008	108	189	182	260	65	117	122	369	137	130	87	149	89	99	119	97	98	92
2009	76	89	108	90	48	66	78	82	68	68	52	68	60	114	78	98	84	72
2010	87	120	80	130	69	93	83	98	161	95	63	125	73	81	100	84	95	54
2011	74	54	117	112	90	44	77	100	130	85	63	79	47	106	95	77	132	64
2012	70	124	139	111	75	92	73	98	140	83	63	96	59	127	124	121	125	136
2013	89	105	145	80	118	77	122	105	105	172	107	126	98	145	105	120	117	80
2014	88	57	98	54	95	80	71	89	124	75	63	59	66	112	67	120	60	69
	1.675	2.258	2.170	2.360	1.873	1.622	1.839	2.354	2.263	2.319	1.380	2.016	1.478	2.200	1.889	2.020	1.798	1.530
	84	113	109	115	94	81	92	118	113	116	69	101	74	110	94	101	90	77

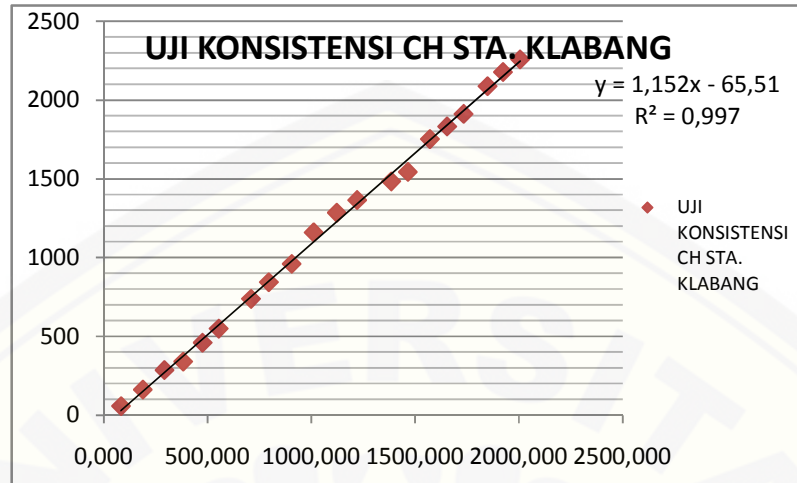
### 4.2.3. Uji Konsistensi Data Hujan

Dalam suatu ramalan hidrologi diperlukan ketelitian hasil perhitungan yang nilainya bergantung pada uji konsistensi data. Uji konsistensi dilakukan untuk menguji ketidakesesuaian data yang dapat mengakibatkan penyimpangan dalam perhitungan selanjutnya. Perubahan lokasi stasiun hujan atau perubahan prosedur pengukuran dapat memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap jumlah hujan yang terukur, sehingga dapat menyebabkan kesalahan (Bambang Triatmodjo, 2009).

Data curah hujan yang sudah lengkap kemudian diuji dengan uji konsistensi. Uji konsistensi dapat dilakukan dengan lengkung massa ganda (*double mass curve*) untuk stasiun hujan lebih dari 3 (tiga) stasiun, Sri Harto (2000). Dasar dari metode ini adalah membandingkan curah hujan maksimum tahunan kumulatif dari stasiun yang diteliti dengan harga kumulatif curah hujan maksimum rata-rata dari suatu jaringan stasiun hujan yang bersesuaian.

#### **Pengujian Konsistensi Data Stasiun Hujan Klabang**

Pengujian konsistensi data pada stasiun hujan Klabang dimaksudkan untuk mengetahui tingkat ketelitian data pada stasiun hujan tersebut. Dari data curah hujan maksimum stasiun hujan Klabang kemudian dihitung sehingga didapat data kumulatifnya. Selanjutnya data kumulatif stasiun hujan Klabang ini digunakan sebagai sumbu x. Data stasiun hujan pembanding kemudian dirata-rata dan dihitung kumulatifnya. Data kumulatif rerata 4 stasiun pembanding ini selanjutnya digunakan sebagai sumbu y. Setelah didapat nilai yang digunakan pada sumbu x dan sumbu y, nilai tersebut kemudian digunakan untuk membuat grafik uji konsistensi. Grafik uji konsistensi ditampilkan pada gambar 4.1 berikut,



Gambar 4.2. Grafik uji konsistensi Sta. Klabang.

Dengan menggunakan metode yang sama, maka didapat hasil uji konsistensi untuk 17 stasiun hujan lainnya. Hasil uji konsistensi data curah hujan disajikan pada tabel 4.4 berikut,

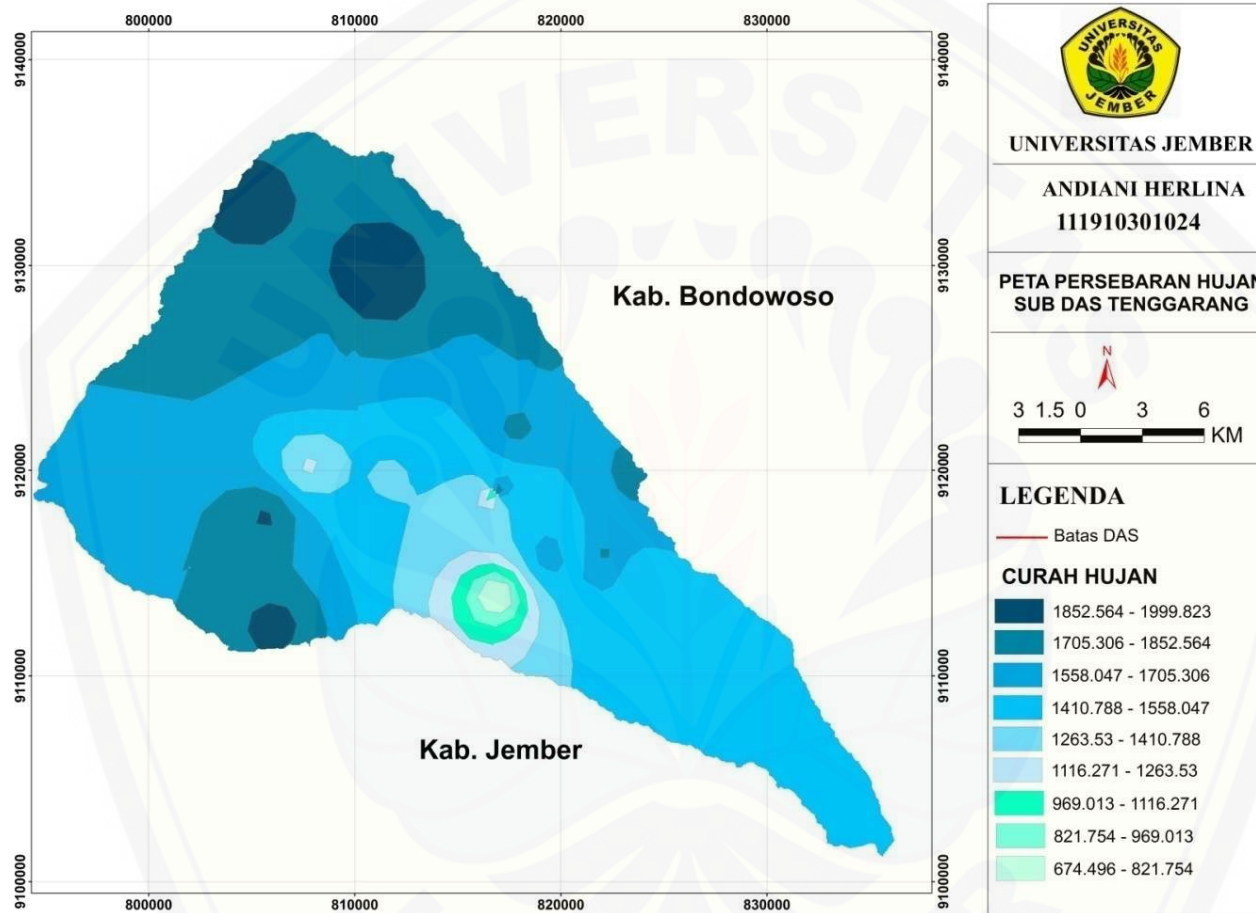
Tabel 4.4. Hasil uji konsistensi data curah hujan

No.	Stasiun Hujan	Persamaan	R <sup>2</sup>	Keterangan
1	Klabang	$Y = 1,152x - 65,51$	0,997	Konsisten
2	Selolembu	$Y = 0,857x - 18,87$	0,98	Konsisten
3	Sumber Dumpyong	$Y = 1,037x + 122,8$	0,994	Konsisten
4	Wringin	$Y = 1,261x - 58,75$	0,993	Konsisten
5	Wonosari I	$Y = 0,722x + 23,12$	0,998	Konsisten
6	Ancar	$Y = 0,765x + 2,652$	0,998	Konsisten
7	Grujugan Lor	$Y = 0,875x - 23,01$	0,998	Konsisten
8	Wonosari II	$Y = 1,283x - 40,36$	0,99	Konsisten
9	Maesan	$Y = 1,109x + 66,19$	0,994	Konsisten
10	Wonosroyo	$Y = 1,318x - 37,25$	0,978	Konsisten
11	Kejayan	$Y = 0,731x + 44,89$	0,992	Konsisten
12	Pinang Pait	$Y = 1,222x - 6,193$	0,993	Konsisten
13	Kasemek	$Y = 0,783x + 1,965$	0,999	Konsisten
14	Clangap	$Y = 1,284x - 33,08$	0,996	Konsisten
15	Pakistan	$Y = 1,101x - 85,17$	0,991	Konsisten
16	Sukokerto	$Y = 1,102x - 9,528$	0,995	Konsisten
17	Tlogosari	$Y = 0,982x + 1,501$	0,996	Konsisten
18	Maskuning Wetan	$Y = 0,840x - 29,82$	0,997	Konsisten

#### 4.2.4. Metode Isohyet

Setelah dilakukan uji konsistensi data curah hujan pada masing-masing stasiun, data curah hujan harian kemudian diolah menjadi data curah hujan tahunan rata-rata. Setelah itu data curah hujan tahunan rata-rata ini kemudian diinput untuk kemudian diinterpolasi menggunakan interpolasi IDW (*Inverse Distance Weighting*) untuk mencari daerah yang memiliki curah hujan yang sama dengan mempertimbangkan jarak antar stasiun.

Pada metode isohyet, dianggap bahwa hujan pada suatu daerah di antara dua garis isohyet adalah merata dan sama dengan nilai rerata dari kedua garis isohyet tersebut. Berikut gambar persebaran curah hujan dengan metode isohyet di Sub DAS Tenggarang,



Gambar 4.3. Peta Isohyet Curah Hujan Tahunan Sub DAS Tenggarang

Pada gambar 4.3 digunakan power sebesar 2. Power merupakan fungsi eksponensial yang akan menentukan pengaruh terhadap titik-titik input, semakin besar nilai power maka akan semakin besar pula pengaruh pada titik-titik yang lebih dekat sehingga menghasilkan permukaan yang lebih detail. Pada penelitian ini digunakan power bernilai 2 karena peta yang digunakan menggunakan resolusi sedang. Peta yang beresolusi sedang mempunyai skala 1:25.000 dan untuk peta yang beresolusi sedang digunakan ukuran grid cell sebesar 30 m<sup>2</sup> agar dihasilkan kontur gambar yang lebih halus. Peta yang didapat diolah menggunakan ArcView GIS 3.3 dalam bentuk raster. Untuk dapat menganalisis ke tahap selanjutnya maka diubah menjadi grid. Grid merupakan titik-titik kecil yang bernilai sama yang bertujuan untuk memudahkan penunjukan letak sebuah titik pada peta. Hasil dari grid kemudian disimpan dalam bentuk *.shp* untuk kemudian dibuatkan layout seperti yang nampak pada gambar 4.3.

#### **4.2.5. Penentuan Pola Distribusi Hujan**

Penentuan pola distribusi hujan dilakukan dengan menganalisis data curah hujan harian maksimum. Terdapat 5 parameter yang digunakan untuk penentuan pola distribusi hujan, antara lain, 1) nilai rata-rata/mean ( $\bar{x}$ ), 2) simpangan baku (SD), 3) koefisien variasi (Cv), 4) koefisien *skewness* (Cs), 5) koefisien kurtosis (Ck). Penentuan jenis distribusi dilakukan dengan mencocokkan parameter statistik dengan syarat masing-masing jenis distribusi.

Tabel 4.5. Hasil Perhitungan Parameter Statistik untuk Penentuan Pola Distribusi Hujan

Stasiun Hujan Ancar

No.	Distribusi	Persyaratan	Hasil Hitungan
1	Normal	$(\bar{x} \pm s) = 68,27\%$	70 %
		$(\bar{x} \pm 2s) = 95,44\%$	95 %
		$Cs \approx 0$	0,296
		$Ck \approx 3$	-0,237
2	Log Normal	$Cs = Cv^3 + 3Cv$ $Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$	0,388 3,268
3	Gumbel	$Cs = 1,14$ $Ck = 5,4$	0,296 -0,237
4	Log Pearson III	Selain dari nilai di atas	

Sumber: Triatmodjo, 2009

Untuk distribusi normal disyaratkan bahwa kemungkinan variat yang berada antara  $(\bar{x} - s)$  dan  $(\bar{x} + s)$  adalah 68,27% dan yang berada diantara  $(\bar{x} - 2s)$  dan  $(\bar{x} + 2s)$  adalah 95,44%. Banyaknya variat yang berada di antara daerah tersebut adalah :

$$\text{Banyak variat} = \frac{(n - Y_1)}{n} \times 100\% = 68,27\%$$

$$\text{Banyak variat} = \frac{(n - Y_2)}{n} \times 100\% = 95,44\%$$

dengan :

$n$  = jumlah data

$Y_1$  = jumlah data yang berada pada daerah  $< (\bar{x} - s)$  dan  $> (\bar{x} + s)$

$Y_2$  = jumlah data yang berada pada daerah  $< (\bar{x} - 2s)$  dan  $> (\bar{x} + 2s)$

Nilai  $(\bar{x} - s) = 83,75 - 10,76 = 72,99$

Nilai  $(\bar{x} + s) = 83,75 + 10,76 = 94,51$

Dari tabel 4.3. didapat jumlah data yang lebih kecil dari 72,99 adalah sebanyak 3 buah dan yang lebih besar dari 94,51 adalah 3 buah, sehingga  $Y_1 = 6$ .

$$\text{Banyaknya variat} = \frac{(20 - 6)}{20} \times 100\% = 70\% \neq 68,27\%$$

Nilai  $(\bar{x} - 2s) = 83,75 - (2 \times 10,76) = 62,23$

Nilai  $(\bar{x} + 2s) = 83,75 + (2 \times 10,76) = 105,27$

Dari tabel 4.2.1. didapat jumlah data yang lebih kecil dari 62,23 sebanyak 0 buah dan yang lebih besar dari 105,27 sebanyak 1 buah sehingga nilai  $Y_2$  adalah 1.

$$\text{Banyaknya variat} = \frac{(20 - 1)}{20} \times 100\% = 95\% \neq 95,44\%$$

Berdasarkan hitungan parameter statistik yang di atas terlihat bahwa parameter statistik dari data tidak ada yang sesuai untuk ditribusi normal, log normal dan gumbel, maka diperoleh kesimpulan bahwa untuk stasiun hujan Ancar



menggunakan pola distribusi Log Pearson III. Dengan menggunakan metode yang sama, dilakukan pula perhitungan terhadap 17 stasiun hujan lainnya.

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan didapat kesimpulan bahwa 17 stasiun yang berada di wilayah Sub DAS Tenggarang lainnya juga menggunakan distribusi Log Pearson III karena parameter statistik dari data 17 stasiun hujan tersebut tidak sesuai untuk distribusi normal, log normal, dan gumbel.

#### 4.2.6. Uji Kecocokan

Untuk mengetahui kesesuaian distribusi yang dipilih dengan hasil empiris, maka dilakukan uji statistik. Pada penelitian ini uji statistik dilakukan dengan metode *Smirnov-Kolmogorov*. Uji statistik ini harus dilakukan guna memastikan bahwa distribusi yang digunakan telah sesuai, karena jika distribusi yang digunakan tidak sesuai akan mengakibatkan kesalahan prakiraan yang cukup besar baik *over estimate* maupun *under estimate*.

Tabel 4.6. Hasil Uji *Smirnov-Kolmogorov*

No.	Stasiun Hujan	Distribusi	<i>Smirnov-Kolmogorov</i>		Keterangan
			Nilai Tabel	Nilai Hitung	
1	Ancar	Log Pearson III	0,290	0,095	Diterima
2	Clangap	Log Pearson III	0,290	0,133	Diterima
3	Grujugan Lor	Log Pearson III	0,290	0,062	Diterima
4	Kasemek	Log Pearson III	0,290	0,060	Diterima
5	Kejayan	Log Pearson III	0,290	0,170	Diterima
6	Klabang	Log Pearson III	0,290	0,111	Diterima
7	Maesan	Log Pearson III	0,290	0,108	Diterima

8	Maskuning Wetan	Log Pearson III	0,290	0,053	Diterima
9	Pakisan	Log Pearson III	0,290	0,064	Diterima
10	Pinang Pait	Log Pearson III	0,290	0,100	Diterima
11	Sumber Dumpyong	Log Pearson III	0,290	0,093	Diterima
12	Selolembu	Log Pearson III	0,290	0,107	Diterima
13	Sukokerto	Log Pearson III	0,290	0,176	Diterima
14	Tlogosari	Log Pearson III	0,290	0,095	Diterima
15	Wonosari 1	Log Pearson III	0,290	0,097	Diterima
16	Wonosari 2	Log Pearson III	0,290	0,195	Diterima
17	Wonosroyo	Log Pearson III	0,290	0,114	Diterima
18	Wringin	Log Pearson III	0,290	0,135	Diterima

Dari tabel 4.6 dapat dilihat bahwa hasil dari uji *Smirnov-Kolmogorov* menunjukkan hasil  $D_{hitung} < D_{tabel}$  sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa  $H_0$  diterima. Dari kesimpulan ini dapat diartikan bahwa distribusi observasi (pengamatan) dan distribusi teoritis (yang diharapkan) tidak berbeda secara nyata atau dapat diambil kesimpulan jika pola distribusi yang digunakan sudah tepat.

#### 4.2.7. Curah Hujan Rancangan

Berdasarkan analisis frekuensi yang dilakukan pada data curah hujan harian maksimum diperoleh kesimpulan bahwa jenis distribusi yang cocok terhadap sebaran data hujan harian maksimum di Sub DAS Tenggarang adalah distribusi Log Pearson III. Karena itu, data curah hujan harian maksimum yang ada diubah dalam bentuk logaritmik, sehingga parameter statistik berubah sesuai dengan Tabel 4.7. di bawah ini.

Tabel 4.7. Parameter Statistik Analisis Frekuensi Distribusi Log Pearson Type III

No	Stasiun Hujan	Parameter Statistik				
		Rata-rata ( $\bar{x}$ )	Simpangan Baku (s)	Koefisien Variasi (Cv)	Koefisien Skewness (Cs)	Koefisien Kurtosis (Ck)
1	Ancar	1,9196	0,0557	0,0290	0,0230	-0,5676
2	Clangap	2,0318	0,0930	0,0458	0,2121	-1,5057
3	Grujugan Lor	1,9542	0,0916	0,0469	0,2732	-0,3800
4	Kasemek	1,8492	0,1306	0,0706	0,5384	-0,2056
5	Kejayan	1,8289	0,0933	0,0510	0,7407	-0,3142
6	Klabang	2,0190	0,1746	0,0865	0,1837	-0,6546
7	Maesan	2,0364	0,1249	0,0613	0,1851	-0,4288

8	Maskuning Wetan	1,8693	0,1122	0,0600	0,5905	0,3925
9	Pakisan	1,9490	0,1474	0,0756	0,8590	2,3097
10	Pinang Pait	1,9861	0,1254	0,0631	0,2086	-0,9047
11	Sumber Dumpyong	2,0100	0,1495	0,0744	0,4872	-0,5809
12	Selolembu	1,9504	0,1382	0,0709	0,1827	-0,3656
13	Sukokerto	1,9918	0,0989	0,0496	2,1433	6,3435
14	Tlogosari	1,9312	0,1483	0,0768	-0,7295	2,1621
15	Wonosari 1	1,8956	0,1157	0,0610	-1,0758	1,3852
16	Wonosari 2	2,0325	0,1661	0,0817	1,9917	4,9833
17	Wonosroyo	1,9898	0,2214	0,1113	2,1408	4,9244
18	Wringin	2,0448	0,1514	0,0740	0,7225	1,4567

Dengan menggunakan data tersebut kemudian dilakukan perhitungan curah hujan rancangan dengan probabilitas atau periode ulang 2 dan 5 tahun (Permen PU Nomor 12/PRT/M/2014 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan). Perhitungan curah hujan rancangan menggunakan persamaan  $\log X_T = \log \bar{x} + K.S$ , dimana nilai K dapat dilihat pada lampiran. Selanjutnya, perhitungan curah hujan rancangan dengan Metode Log Pearson III dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.8. Perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode Log Pearson III kala ulang 2 tahun

No	Stasiun Hujan	P (%)	Faktor Frekuensi K	Standart Deviasi S	$\log \bar{x}$	$\log X_T = \log \bar{x} + K.S$	CH Rancangan (mm)
1	Ancar	50	-0,0039	0,0557	1,9196	1,9194	83,0563
2	Clangap	50	-0,0351	0,0930	2,0318	2,0286	106,8033
3	Grujugan Lor	50	-0,0454	0,0916	1,9542	1,9501	89,1383
4	Kasemek	50	-0,0891	0,1306	1,8492	1,8375	68,7897
5	Kejayan	50	-0,1225	0,0933	1,8289	1,8175	65,6862
6	Klabang	50	-0,0304	0,1746	2,0190	2,0137	103,1973
7	Maesan	50	-0,0306	0,1249	2,0364	2,0326	107,7847
8	Maskuning Wetan	50	-0,0975	0,1122	1,8693	1,8583	72,1659

9	Pakisan	50	-0,1414	0,1474	1,9490	1,9282	84,7584
10	Pinang Pait	50	-0,0345	0,1254	1,9861	1,9818	95,8864
11	Sumber Dumpyong	50	-0,0808	0,1495	2,0100	1,9979	99,5099
12	Selolembu	50	-0,0302	0,1382	1,9504	1,9462	88,3451
13	Sukokerto	50	-0,3238	0,0989	1,9918	1,9598	91,1622
14	Tlogosari	50	0,1207	0,1483	1,9312	1,9491	88,9471
15	Wonosari 1	50	0,1761	0,1157	1,8956	1,9159	82,4027
16	Wonosari 2	50	-0,3060	0,1661	2,0325	1,9817	95,8710
17	Wonosroyo	50	-0,3232	0,2214	1,9898	1,9182	82,8381
18	Wringin	50	-0,1196	0,1514	2,0448	2,0267	106,3289

Tabel 4.9. Perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode Log Pearson III kala ulang 5 tahun

No	Stasiun Hujan	P (%)	Faktor Frekuensi K	Standart Deviasi S	$\log \bar{x}$	$\log X_T = \log x + K.S$	CH Rancangan (mm)
1	Ancar	20	0,8406	0,0557	1,9196	1,9664	92,5588
2	Clangap	20	0,8293	0,0930	2,0318	2,1090	128,5292
3	Grujugan Lor	20	0,8256	0,0916	1,9542	2,0299	107,1237
4	Kasemek	20	0,8049	0,1306	1,8492	1,9543	90,0069
5	Kejayan	20	0,7859	0,0933	1,8289	1,9022	79,8384
6	Klabang	20	0,8310	0,1746	2,0190	2,1641	145,9053
7	Maesan	20	0,8309	0,1249	2,0364	2,1402	138,0992
8	Maskuning Wetan	20	0,8008	0,1122	1,8693	1,9591	91,0148
9	Pakisan	20	0,7735	0,1474	1,9490	2,0631	115,6305
10	Pinang Pait	20	0,8355	0,1254	1,9861	2,0908	123,2606
11	Sumber Dumpyong	20	0,8090	0,1495	2,0100	2,1309	135,1823
12	Selolembu	20	0,8310	0,1382	1,9504	2,0652	116,2008
13	Sukokerto	20	0,5842	0,0989	1,9918	2,0496	112,1072
14	Tlogosari	20	0,8567	0,1483	1,9312	2,0583	114,3562
15	Wonosari 1	20	0,8490	0,1157	1,8956	1,9938	98,5873
16	Wonosari 2	20	0,6104	0,1661	2,0325	2,1339	136,1142
17	Wonosroyo	20	0,5844	0,2214	1,9898	2,1192	131,5680
18	Wringin	20	0,7877	0,1514	2,0448	2,1640	145,8963

#### 4.2.8. Intensitas Hujan

Dalam penelitian ini, untuk menghitung nilai intensitas hujan digunakan persamaan Mononobe. Hal ini disebabkan data curah hujan yang tersedia adalah data curah hujan harian, maka sesuai pernyataan Loebis (1992) bahwa intensitas hujan (mm/jam) dapat diturunkan dari data curah hujan harian empiris menggunakan metode Mononobe. Untuk durasi hujan menggunakan durasi hujan 6 jam. Hal ini sesuai dengan pernyataan Suroso (2006) bahwa durasi hujan yang sering terjadi antara 1-6 jam bahkan maksimum 12 jam jarang terjadi. Oleh sebab itu, dalam perhitungan ini digunakan durasi hujan maksimum 6 jam untuk mengetahui intensitas

hujan di daerah Sub DAS Tenggarang. Hasil perhitungan intensitas hujan disajikan pada tabel berikut :

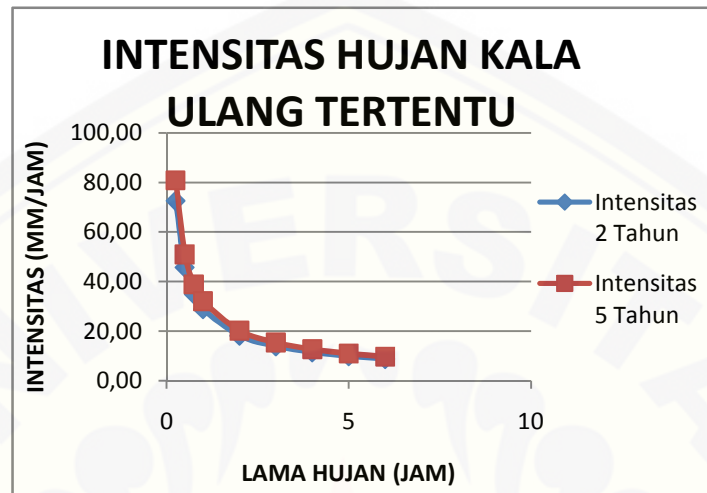


Tabel 4.10. Intensitas Hujan Jam-jaman

No	Sta. Hujan	Kala Ulang	T (menit)								
			15	30	45	60	120	180	240	300	360
1	Ancar	2	72,56	45,71	34,88	28,79	18,14	13,84	11,43	9,85	8,72
		5	80,86	50,94	38,87	32,09	20,21	15,43	12,73	10,97	9,72
2	Clangap	2	93,30	58,78	44,85	37,03	23,33	17,80	14,69	12,66	11,21
		5	112,38	70,73	53,98	44,56	28,07	21,42	17,68	15,24	13,49
3	Grjg Lor	2	77,87	49,05	37,44	30,90	19,47	14,86	12,26	10,57	9,36
		5	93,58	58,95	44,99	37,14	23,40	17,85	14,74	12,70	11,25
4	Kasemek	2	60,09	37,86	28,89	23,85	15,02	11,46	9,46	8,16	7,22
		5	78,63	49,53	37,80	31,20	19,66	15,00	12,38	10,67	9,45
5	Kejayan	2	57,38	36,15	27,59	22,77	14,35	10,95	9,04	7,79	6,90
		5	69,75	43,94	33,53	27,68	17,44	13,31	10,98	9,47	8,38
6	Klabang	2	90,15	56,79	43,34	35,78	22,54	17,20	14,20	12,24	10,84
		5	127,46	80,29	61,28	50,58	31,87	24,32	20,07	17,30	15,32
7	Maesan	2	94,16	59,32	45,27	37,37	23,54	17,96	14,83	12,78	11,32
		5	120,64	76,00	58,00	47,88	30,16	23,02	19,00	16,37	14,50
8	Mn Wetan	2	63,04	39,71	30,31	25,02	15,76	12,03	9,93	8,56	7,58
		5	79,51	50,09	38,22	31,55	19,88	15,17	12,52	10,79	9,56
9	Pakisan	2	74,04	46,64	35,60	29,38	18,51	14,13	11,66	10,05	8,90
		5	101,01	63,63	48,56	40,09	25,25	19,27	15,91	13,71	12,14
10	Pn Pait	2	83,76	52,77	40,27	33,24	20,94	15,98	13,19	11,37	10,07
		5	107,68	67,83	51,77	42,73	26,92	20,54	16,96	14,61	12,94
11	Sb Dumpyong	2	86,93	54,76	41,79	34,50	21,73	16,58	13,69	11,80	10,45
		5	118,09	74,39	56,77	46,87	29,52	22,53	18,60	16,03	14,19
12	Selolembu	2	77,18	48,62	37,10	30,63	19,29	14,72	12,15	10,47	9,28
		5	101,51	63,95	48,80	40,28	25,38	19,37	15,99	13,78	12,20
13	Sukokerto	2	79,64	50,17	38,29	31,60	19,91	15,19	12,54	10,81	9,57
		5	97,93	61,69	47,08	38,87	24,48	18,68	15,42	13,29	11,77
14	Tlogosari	2	77,70	48,95	37,36	30,84	19,43	14,82	12,24	10,55	9,34
		5	99,90	62,93	48,03	39,65	24,97	19,06	15,73	13,56	12,01
15	Wonosari I	2	71,99	45,35	34,61	28,57	18,00	13,73	11,34	9,77	8,65
		5	86,12	54,25	41,40	34,18	21,53	16,43	13,56	11,69	10,35
16	Wonosari II	2	83,75	52,76	40,26	33,24	20,94	15,98	13,19	11,37	10,07
		5	118,91	74,91	57,16	47,19	29,73	22,69	18,73	16,14	14,29
17	Wonosroyo	2	72,37	45,59	34,79	28,72	18,09	13,81	11,40	9,82	8,70
		5	114,94	72,40	55,26	45,61	28,73	21,93	18,10	15,60	13,81
18	Wringin	2	92,89	58,52	44,66	36,86	23,22	17,72	14,63	12,61	11,16
		5	127,45	80,29	61,27	50,58	31,86	24,32	20,07	17,30	15,32

Berdasarkan hasil perhitungan tabel di atas didapatkan kesimpulan bahwa Stasiun Hujan Wringin dan Klabang memiliki nilai intensitas hujan yang tertinggi yaitu 15,32 mm/jam, sedangkan Stasiun Hujan Kejayan memiliki nilai intensitas hujan yang rendah yaitu 8,38 mm/jam. Hasil perhitungan pada tabel di atas selanjutnya dihubungkan ke dalam sebuah kurva *Intensity Duration Frequency (IDF)*. Kurva *IDF* ini menggambarkan hubungan antara durasi dan intensitas hujan. Dari

data tabel di atas diambil contoh untuk stasiun hujan Ancar, maka dapat digambarkan kurva *Intensity Duration Frequency (IDF)* seperti gambar berikut :



Gambar 4.4. Kurva *IDF (Intensity Duration Frequency)* Stasiun Hujan Ancar

Dari kurva *IDF* di atas dapat diambil kesimpulan bahwa hujan dengan intensitas tinggi (hujan deras) berlangsung dengan durasi pendek, sedangkan hujan dengan dengan intensitas rendah (hujan rintik-rintik) berlangsung dengan durasi yang lama. Nilai intensitas hujan tersebut dikelaskan untuk mengetahui tingkat intensitas hujan di daerah tersebut. Intensitas hujan yang digunakan adalah intensitas hujan kala ulang 5 tahun. Berikut hasil pengkelasan intensitas hujan berdasarkan Wiharta *et al* (1997).

Tabel 4.11. Hasil Pengkelasan Intensitas Hujan pada Sub DAS Tenggarang

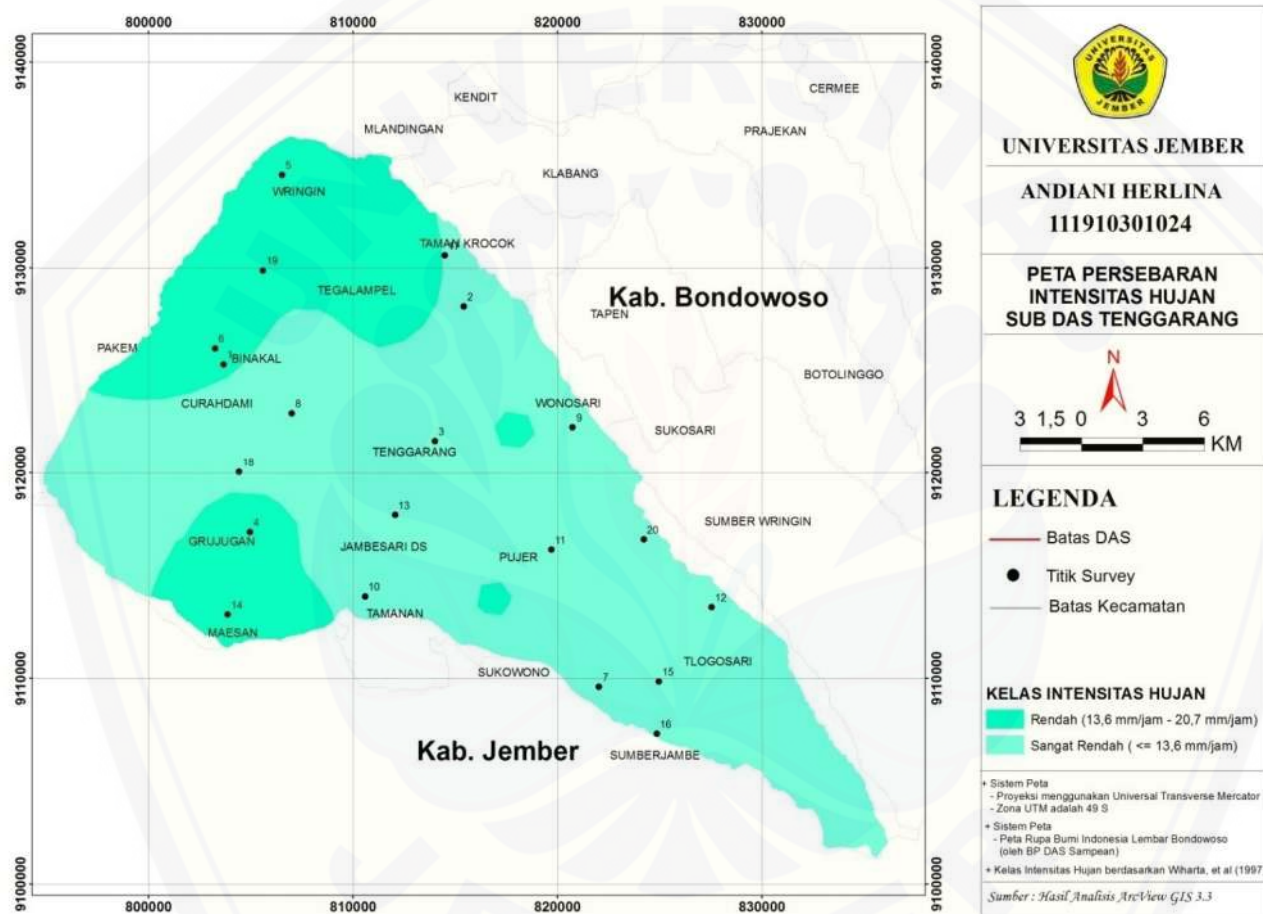
No	Sta Hujan	Intensitas Hujan (mm/jam)	Kelas
1	Ancar	9,72	Sangat Rendah
2	Clangap	13,49	Sangat Rendah
3	Grujugan Lor	11,25	Sangat Rendah
4	Kasemek	9,45	Sangat Rendah
5	Kejayan	8,38	Sangat Rendah
6	Klabang	15,32	Rendah
7	Maesan	14,5	Rendah
8	Maskuning Wetan	9,56	Sangat Rendah
9	Pakistan	12,14	Sangat Rendah
10	Pinang Piat	12,94	Sangat Rendah
11	Sumber Dumpyong	14,19	Rendah
12	Selolembu	12,2	Sangat Rendah
13	Sukokerto	11,77	Sangat Rendah
14	Tlogosari	12,01	Sangat Rendah
15	Wonosari I	10,35	Sangat Rendah
16	Wonosari II	14,29	Rendah
17	Wonosroyo	13,81	Rendah
18	Wringin	15,32	Rendah

#### 4.2.9. Pemetaan Persebaran Intensitas Hujan

Setelah dilakukan perhitungan intensitas hujan pada masing-masing stasiun, data intensitas hujan yang didapatkan kemudian diinputkan pada tiap stasiun hujan di Sub DAS Tenggarang sebagai data atribut menggunakan software ArcView 3.3. Data intensitas hujan kemudian diinterpolasi menggunakan interpolasi IDW (*Inverse Distance Weighting*) untuk mencari daerah yang memiliki intensitas hujan yang sama dengan mempertimbangkan jarak antar stasiun hujan.

Interpolasi IDW digunakan dengan alasan relatif lebih mudah digunakan serta sebaran nilai intensitas hujan tersebar merata di wilayah Sub DAS Tenggarang sehingga menghasilkan interpolasi yang lebih halus. Hasil interpolasi IDW tampak pada gambar berikut,





Gambar 4.5. Peta Intensitas Hujan Sub DAS Tenggarang

Seperti pada interpolasi IDW sebelumnya, peta raster yang ada diubah ke dalam grid untuk memudahkan proses analisis selanjutnya. Kemudian nilai yang masih acak diklasifikasi sesuai klasifikasi yang diberikan oleh Wiharta, *et al* (1997). Pada pembuatan peta intensitas hujan ini digunakan pula power sebesar 2. Pada peta tampak adanya 2 daerah yang berbeda, yakni daerah dengan kelas intensitas hujan rendah dan daerah dengan kelas intensitas hujan sangat rendah. Daerah dengan kelas intensitas rendah memiliki luas 1.512,593 ha, sedangkan daerah dengan intensitas sangat rendah memiliki luas 57.030,747 ha.

### **4.3. Analisis Laju Infiltrasi**

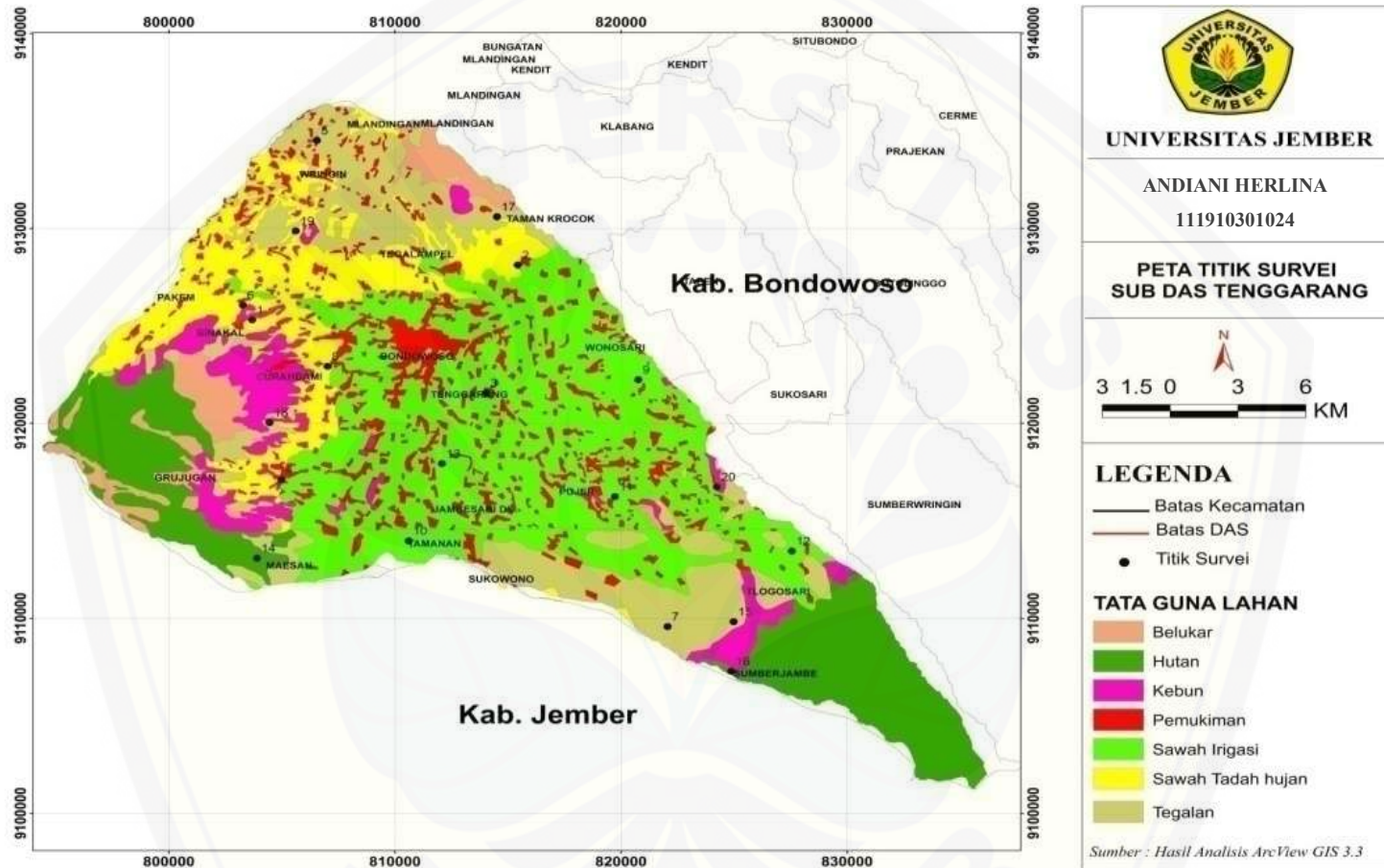
#### **4.3.1. Titik Lokasi Pengamatan di Lapangan**

Titik lokasi pengamatan di lapangan dengan titik lokasi pengamatan rencana yang terdapat pada bab 3 mengalami beberapa perubahan. Hal ini disebabkan terdapatnya beberapa kendala selama proses pengamatan di lapangan antara lain tidak memadainya akses menuju titik lokasi pengamatan rencana seperti adanya jurang, tebing yang terlalu curam, hingga jalan yang licin, selain itu faktor lingkungan seperti letak titik pengamatan rencana tepat di jalan yang berarti tanahnya telah mengalami pemadatan sehingga tidak memungkinkan dilakukan pengamatan di lokasi tersebut. Dengan adanya kendala tersebut maka diambil titik lokasi pengamatan di lapangan yang letaknya tidak jauh dari titik lokasi pengamatan rencana yang mudah dijangkau dan dapat digunakan sebagai titik pengamatan. Berikut adalah daftar titik pengamatan di lapangan :

Tabel 4.12. Titik Pengamatan Infiltrasi di Lapangan

Titik Survey	Tata guna lahan	Kabupaten	Kecamatan	Desa	Kelerengan (%)	Jenis tanah	Koordinat UTM	
							x	y
1	Sawah tadah hujan	Bondowoso	Binakal	Sumberwaru	15 - 40	Latosol	803688	9125301
2	Sawah Irigasi	Bondowoso	Taman Krocok	Sumberkokap	2 - 15	Regosol	815434	9128106
3	Pemukiman	Bondowoso	Tenggarang	Kajar	0 - 2	Regosol	814034	9121556
4	Pemukiman	Bondowoso	Grujugan	Kabuaran	2 - 15	Latosol	804983	9117103
5	Pemukiman	Bondowoso	Wringin	Banyuwuluh	15 - 40	Latosol	806548	9134501
6	Sawah tadah hujan	Bondowoso	Binakal	Sumberwaru	15 - 40	Latosol	803270	9126067
7	Tegalan	Bondowoso	Sumberjambe	Jambearum	2 - 15	Regosol	822059	9109571
8	Sawah tadah hujan	Bondowoso	Curahdami	Curahpoh	2 - 15	Latosol	807020	9122917
9	Sawah Irigasi	Bondowoso	Wonosari	Tumpeng	2 - 15	Regosol	820766	9122231
10	Sawah Irigasi	Bondowoso	Tamanan	Wonosuko	0 - 2	Regosol	810613	9113968
11	Sawah Irigasi	Bondowoso	Pujer	Maskuning Wetan	2 - 15	Regosol	819736	9116238
12	Sawah Irigasi	Bondowoso	Tlogosari	Kembang	2 - 15	Regosol	827563	9113443
13	Sawah Irigasi	Bondowoso	Jambesari Ds	Jambesari	0 - 2	Regosol	812080	9117924
14	Hutan	Bondowoso	Maesan	Pakuniram	2 - 15	Latosol	803900	9113079
15	Tegalan	Bondowoso	Tlogosari	Pakistan	15 - 40	Regosol	824986	9109825
16	Hutan	Bondowoso	Sumberjambe	Jambearum	> 40	Regosol	824880	9107285
17	Tegalan	Bondowoso	Taman Krocok	Kretek	15 - 40	Latosol	814520	9130582
18	Sawah tadah hujan	Bondowoso	Curahdami	Pakuwesi	15 - 40	Latosol	804457	9120038
19	Pemukiman	Bondowoso	Pakem	Pameton	15 - 40	Latosol	805615	9129859
20	Kebun	Bondowoso	Sukosari	Pecalongan	> 40	Regosol	824246	9116734

Selanjutnya data titik pengamatan di lapangan di overlay terhadap peta tata guna lahan, peta jenis tanah, dan peta kemiringan lereng. Hasil overlay peta titik pengamatan disajikan pada gambar di bawah ini :



Gambar 4.6. Peta Titik Survey Pengamatan

#### 4.3.2. Pengukuran Parameter-parameter Infiltrasi di Lapangan

Pengamatan dan pengukuran parameter-parameter infiltrasi di Sub DAS Tenggarang dilakukan menggunakan double ring infiltrometer pada lokasi yang telah ditetapkan. Data yang diukur pada saat pengamatan di titik lokasi adalah penurunan muka air (dalam mm) terhadap perubahan waktu yang dicatat setiap 5 menit.



Gambar 4.7. Pengamatan infiltrasi di lapangan

#### 4.3.3. Hasil Pengukuran Parameter-parameter Infiltrasi di Lapangan

Data hasil pengukuran dari pengamatan di lapangan untuk setiap titik pengamatan didapat data seperti pada tabel dan grafik di bawah ini pada titik pengamatan 9.

1. No form : 09
2. Tanggal Pengamatan : 2 Maret 2015
3. GPS-UTM: Zone 49 S/N; X: 820766 ; Y: 9122231 ; Elevasi: 367 m dpl
4. Lokasi: Kab: Bondowoso Kec: Sumberjambe Desa: Jambearum
5. Jenis tanah: Regosol
6. Penggunaan Lahan : Sawah tadah hujan
7. Vegetasi/Tanaman (existing): Tebu, kelapa, jarak, jati, bambu
8. Lereng: 2-15 %

Tabel 4.13. Hasil Pengukuran Parameter Infiltrasi di Lapangan

No	Waktu (menit)	Waktu (jam)	Tinggi Air (cm)	Penurunan (cm)
1	0	0,000	30	0
2	5	0,083	25,6	4,4
3	10	0,167	24,3	1,3
4	15	0,250	21	3,3
5	20	0,333	17,8	3,2
6	25	0,417	14	3,8
7	30	0,500	12	2
8	35	0,583	9	3
9	40	0,667	6,3 + 21,7 *	2,7
10	45	0,750	25	3
11	50	0,833	20	5
12	55	0,917	17	3
13	60	1,000	13	4
14	65	1,083	11	2
15	70	1,167	10	1
16	75	1,250	9,2	0,8
17	80	1,333	7,5	1,7
18	85	1,417	5,9 + 11,6 *	1,6
19	90	1,500	16	1,5
20	95	1,583	14,8	1,2
21	100	1,667	13,8	1
22	105	1,750	13	0,8
23	110	1,833	11,8	1,2
24	115	1,917	11	0,8
25	120	2,000	10,3	0,7
26	125	2,083	9,6	0,7
27	130	2,167	8,9	0,7
28	135	2,250	8,4	0,5
29	140	2,333	7,8	0,6
30	145	2,417	7,2	0,6
31	150	2,500	6,5	0,7
32	155	2,583	6 + 24 *	0,5
33	150	2,500	29,5	0,5
34	165	2,750	29,1	0,4
35	170	2,833	28,7	0,4
36	175	2,917	28,2	0,5
37	180	3,000	27,8	0,4
38	185	3,083	27,5	0,3
39	190	3,167	27,3	0,2
40	195	3,250	27	0,3
41	200	3,333	26,8	0,2
42	205	3,417	26,7	0,1
43	210	3,500	26,6	0,1
44	215	3,583	26,5	0,1
45	220	3,667	26,4	0,1

Keterangan

\* = Terdapat penambahan air di ring dalam.

#### 4.3.4. Kapasitas Infiltrasi

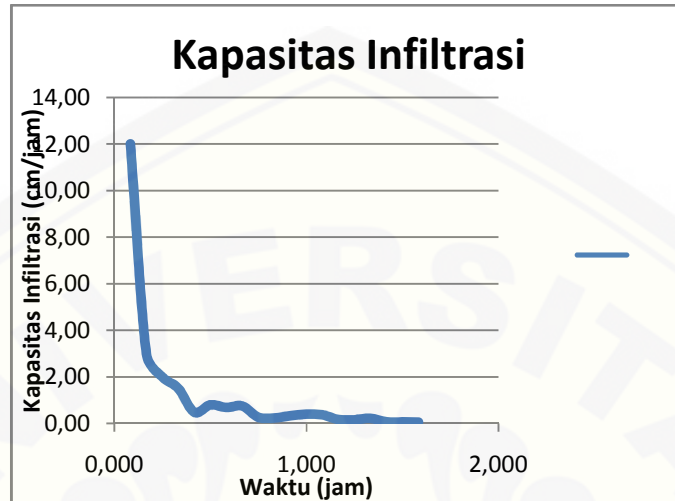
Kapasitas infiltrasi merupakan hasil pembagian dari banyaknya penurunan air dengan lamanya waktu penurunan hingga tercapai keadaan konstan. Kapasitas

infiltrasi dinotasikan sebagai  $f$  dengan satuan cm/jam. Hasil dari perhitungan kapasitas infiltrasi kemudian ditampilkan dalam bentuk kurva yang selanjutnya disebut kurva kapasitas infiltrasi. Berikut adalah data perhitungan kapasitas infiltrasi pada titik pengamatan 9.

Tabel 4.14. Hasil Perhitungan Kapasitas Infiltrasi Titik Pengamatan 9

No	Waktu (menit)	Waktu (jam)	Tinggi Air (cm)	Penurunan (cm)	Kapasitas Infiltrasi ( $f$ ) (cm/jam)
1	0	0,000	30	0	0
2	5	0,083	25,6	4,4	52,80
3	10	0,167	24,3	1,3	7,80
4	15	0,250	21	3,3	13,20
5	20	0,333	17,8	3,2	9,60
6	25	0,417	14	3,8	9,12
7	30	0,500	12	2	4,00
8	35	0,583	9	3	5,14
9	40	0,667	6,3 + 21,7 *	2,7	4,05
10	45	0,750	25	3	4,00
11	50	0,833	20	5	6,00
12	55	0,917	17	3	3,27
13	60	1,000	13	4	4,00
14	65	1,083	11	2	1,85
15	70	1,167	10	1	0,86
16	75	1,250	9,2	0,8	0,64
17	80	1,333	7,5	1,7	1,28
18	85	1,417	5,9 + 11,6 *	1,6	1,13
19	90	1,500	16	1,5	1,00
20	95	1,583	14,8	1,2	0,76
21	100	1,667	13,8	1	0,60
22	105	1,750	13	0,8	0,46
23	110	1,833	11,8	1,2	0,65
24	115	1,917	11	0,8	0,42
25	120	2,000	10,3	0,7	0,35
26	125	2,083	9,6	0,7	0,34
27	130	2,167	8,9	0,7	0,32
28	135	2,250	8,4	0,5	0,22
29	140	2,333	7,8	0,6	0,26
30	145	2,417	7,2	0,6	0,25
31	150	2,500	6,5	0,7	0,28
32	155	2,583	6 + 24 *	0,5	0,19
33	150	2,500	29,5	0,5	0,20
34	165	2,750	29,1	0,4	0,15
35	170	2,833	28,7	0,4	0,14
36	175	2,917	28,2	0,5	0,17
37	180	3,000	27,8	0,4	0,13
38	185	3,083	27,5	0,3	0,10
39	190	3,167	27,3	0,2	0,06
40	195	3,250	27	0,3	0,09
41	200	3,333	26,8	0,2	0,06
42	205	3,417	26,7	0,1	0,03
43	210	3,500	26,6	0,1	0,03
44	215	3,583	26,5	0,1	0,03
45	220	3,667	26,4	0,1	0,03

Dari data tabel di atas, selanjutnya diperoleh grafik yang merupakan hubungan antara kapasitas infiltrasi ( $f$ ) dan waktu selama pengamatan. Grafik hasil pengamatan disajikan pada gambar berikut :



Gambar 4.8. Grafik Kapasitas Infiltrasi

Seperti ditunjukkan pada grafik di atas, pada awal waktu pengamatan terjadi penurunan yang besar, hal ini disebabkan keadaan tanah di bawahnya lapang/belum jenuh air sehingga air yang berada di permukaan mengalami penurunan yang cepat. Namun semakin lama penurunan semakin rendah, hal ini menunjukkan bahwa tanah yang ada di bawahnya dalam keadaan jenuh air sehingga tidak ada cukup ruang untuk air yang turun.

Berdasarkan tabel 4.10. kemudian ditentukan parameter infiltrasi  $f_0$  (nilai infiltrasi awal, cm/jam) dan juga  $f_c$  (nilai infiltrasi konstan, cm/jam). Nilai  $f_0$  untuk titik pengamatan 9 adalah 52,80 cm/jam, sedangkan untuk nilai  $f_c$  adalah 0,03 cm/jam.

#### 4.3.5. Ketetapan untuk Jenis Tanah dan Permukaannya (K)

K merupakan konstanta yang diperlukan untuk melengkapi persamaan kurva infiltrasi. Nilai K diperoleh dengan mengolah persamaan Horton sehingga didapatkan nilai persamaan K yaitu



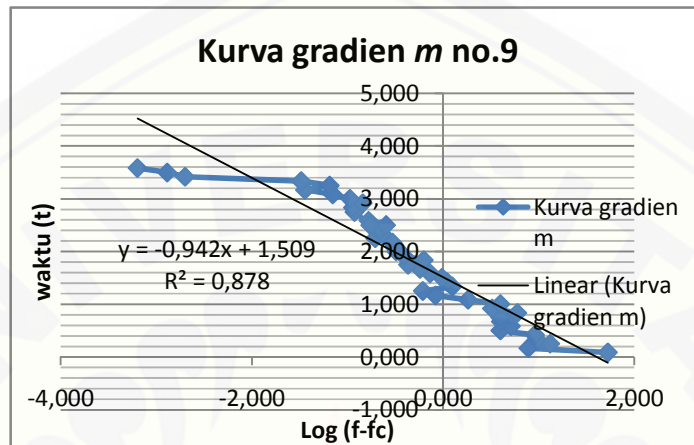
$$K = -\frac{1}{0,434}m \tag{4.1}$$

Untuk menghitung nilai K dengan persamaan di atas, maka dibuat kurva untuk mencari gradien m dengan menggunakan persamaan regresi  $y = m X + C$  atau  $y = t$  dan  $X = \log (f-f_c)$ . Nilai  $\log (f-f_c)$  didapat dengan mengolah data parameter infiltrasi. Perhitungan parameter infiltrasi untuk titik pengamatan 9 disajikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.15. Perhitungan Parameter Infiltrasi

Waktu (t) (jam)	Kapasitas infiltrasi (f) (cm/jam)	f <sub>c</sub>	f-f <sub>c</sub>	log (f-f <sub>c</sub> )
0,083	52,80	0,03	52,77	1,722
0,167	7,80	0,03	7,77	0,891
0,250	13,20	0,03	13,17	1,120
0,333	9,60	0,03	9,57	0,981
0,417	9,12	0,03	9,09	0,959
0,500	4,00	0,03	3,97	0,599
0,583	5,14	0,03	5,12	0,709
0,667	4,05	0,03	4,02	0,605
0,750	4,00	0,03	3,97	0,599
0,833	6,00	0,03	5,97	0,776
0,917	3,27	0,03	3,25	0,511
1,000	4,00	0,03	3,97	0,599
1,083	1,85	0,03	1,82	0,260
1,167	0,86	0,03	0,83	-0,081
1,250	0,64	0,03	0,61	-0,213
1,333	1,28	0,03	1,25	0,096
1,417	1,13	0,03	1,10	0,042
1,500	1,00	0,03	0,97	-0,012
1,583	0,76	0,03	0,73	-0,136
1,667	0,60	0,03	0,57	-0,242
1,750	0,46	0,03	0,43	-0,367
1,833	0,65	0,03	0,63	-0,203
1,917	0,42	0,03	0,39	-0,409
2,000	0,35	0,03	0,32	-0,491
2,083	0,34	0,03	0,31	-0,510
2,167	0,32	0,03	0,30	-0,529
2,250	0,22	0,03	0,19	-0,710
2,333	0,26	0,03	0,23	-0,639
2,417	0,25	0,03	0,22	-0,656
2,500	0,28	0,03	0,25	-0,597
2,583	0,19	0,03	0,17	-0,779
2,500	0,20	0,03	0,17	-0,763
2,750	0,15	0,03	0,12	-0,927
2,833	0,14	0,03	0,11	-0,943
2,917	0,17	0,03	0,14	-0,841
3,000	0,13	0,03	0,11	-0,974
3,083	0,10	0,03	0,07	-1,155
3,167	0,06	0,03	0,04	-1,445
3,250	0,09	0,03	0,07	-1,187
3,333	0,06	0,03	0,03	-1,485
3,417	0,03	0,03	0,00	-2,700
3,500	0,03	0,03	0,00	-2,886
3,583	0,03	0,03	0,00	-3,198
3,667	0,03	0,03		

Berdasarkan data di atas kemudian didapatkan persamaan regresi untuk mencari nilai  $m$ , kurva persamaan regresi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.9. Kurva Persamaan Regresi untuk Mencari Nilai Gradien ( $m$ )

Dari gambar kurva persamaan regresi di atas diperoleh nilai  $m$  yaitu  $-0,942$ . Dengan menggunakan rumus  $K = -1 / 0,434 m$ , maka  $K = 2,44$ .

#### 4.3.6. Perhitungan Laju Infiltrasi

Setelah didapat nilai parameter infiltrasi dan nilai  $K$ , selanjutnya dihitung nilai laju infiltrasi menggunakan metode Horton dengan rumus  $f = fc + (f_0 - fc) e^{-kt}$ . Nilai  $t$  yang digunakan merupakan waktu pada saat infiltrasi mencapai nilai konstan.

Nilai laju infiltrasi pada saat konstan  $t = 3,667$  adalah

$$f = fc + (f_0 - fc) e^{-kt}$$

$$f_0 = \text{laju infiltrasi awal} = 52,80 \text{ cm/jam}$$

$$fc = \text{laju infiltrasi akhir} = 0,03 \text{ cm/jam}$$

$$t = 3,667 \text{ jam}$$

$$k = 2,44$$

$$e = 2,718$$

$$f = 0,03 + (52,80 - 0,03) e^{-(2,44 \cdot 3,667)}$$

$$f = 0,03 + (52,80 - 0,03) e^{-8,92748}$$

$$f = 0,036 \text{ cm/jam} = 0,36 \text{ mm/jam}$$

#### 4.3.7. Perhitungan Volume Infiltrasi Total

Volume infiltrasi total selama waktu ( $t$ ) merupakan integral dari persamaan Horton, yaitu  $V(t) = fc.t + \frac{1}{k} (f_0 - fc) (1 - e^{-kt})$ . Satuan volume total infiltrasi adalah mm/jam.

Volume total infiltrasi dihitung sebagai gambaran besarnya jumlah total kapasitas air yang masuk (kapasitas infiltrasi) pada lokasi pengamatan pada waktu tertentu. Nilai volume total infiltrasi pada titik pengamatan 9 dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V(t) &= fc.t + \frac{1}{k} (f_0 - fc) (1 - e^{-kt}) \\ &= 0,03 \times 3,667 + \frac{1}{2,44} (52,8 - 0,03) (1 - e^{-(2,44 \times 3,667)}) \\ &= 0,11 + (0,408 \times 52,77 \times 0,999) \\ &= 21,681 \text{ cm} / 3,667 \text{ jam} \\ &= 5,912 \text{ cm/jam} \\ &= 59,125 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

#### 4.3.8. Persebaran Laju Infiltrasi di Sub DAS Tenggarang

Dengan metode yang sama pada perhitungan titik ke 9 yang dibahas pada sub bab sebelumnya, maka dilakukan pula perhitungan pada 19 titik lainnya sehingga didapat data volume total infiltrasi yang tersaji pada tabel berikut:

Tabel 4.16. Volume Total Infiltrasi pada Sub DAS Tenggarang

No	Titik ke-	Kapasitas Infiltrasi Awal ( $f_0$ ) (cm/jam)	Kapasitas Infiltrasi Konstan ( $f_c$ ) (cm/jam)	Konstanta ( $k$ )	Volume Total Infiltrasi $F(t)$ (mm/jam)
1	1	12	0,063	4,85	16,168
2	2	24	0,04	3,11	28,376
3	3	13,20	0,04	3,20	17,991
4	4	27,6	0,08	6,17	34,211
5	5	3,6	0,08	4,59	6,529
6	6	31,2	0,04	3,62	38,555
7	7	88,80	0,024	2,02	105,502
8	8	2,4	0,055	4,02	3,729
9	9	52,80	0,03	2,44	59,125
10	10	2,4	0,24	15,46	5,744
11	11	3,6	0,1	21,53	14,113
12	12	92,4	0,03	2,73	104,269
13	13	2,4	0,055	3,75	3,955
14	14	120,48	0,05	2,22	135,851
15	15	6	0,04	3,42	8,133
16	16	78	0,04	3,74	83,761
17	17	26,4	0,05	4,82	30,317
18	18	40,80	0,04	3,50	44,023
19	19	54	0,04	2,667	59,313
20	20	31,20	0,03	2,30	39,835

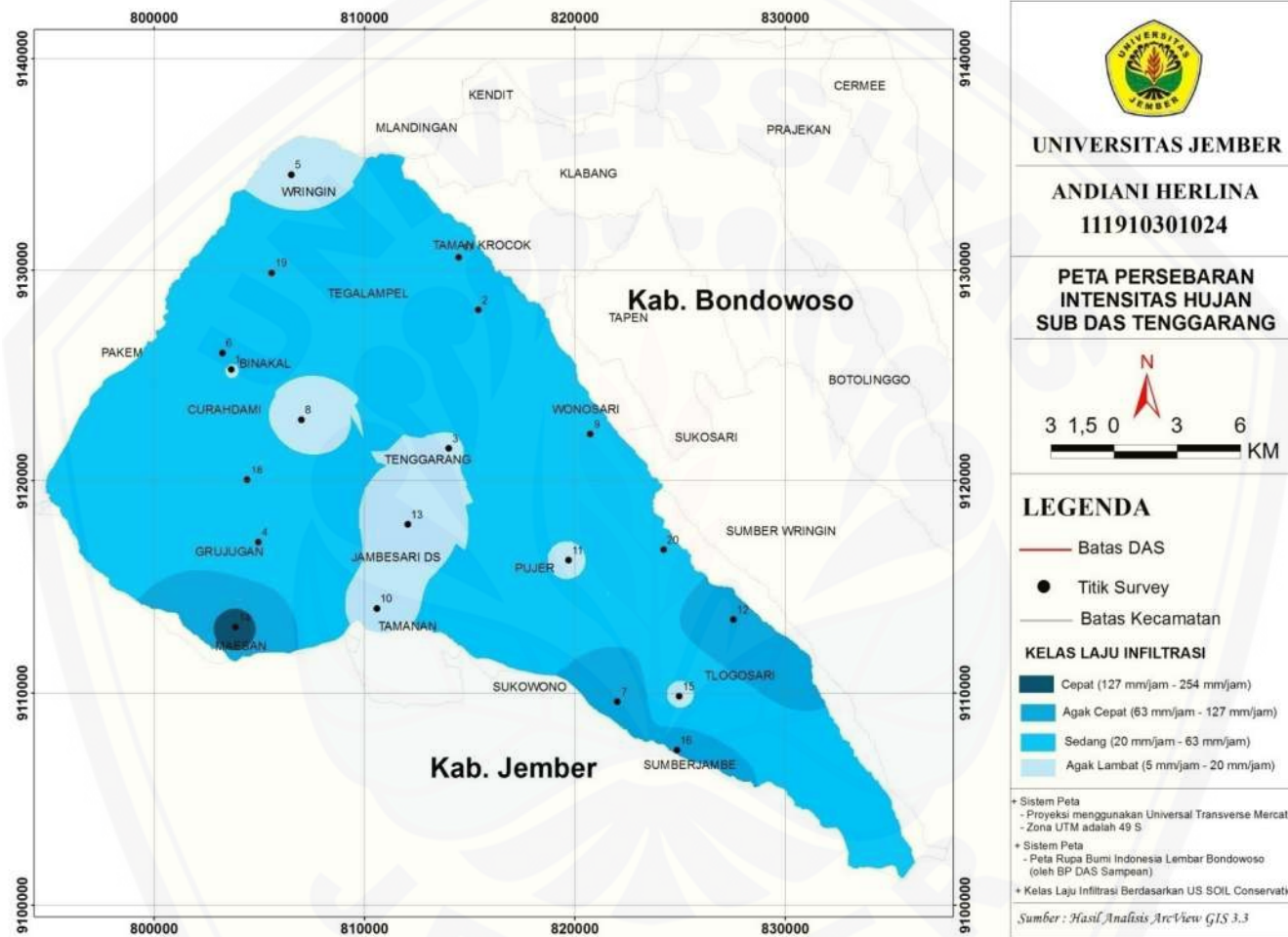
Nilai volume total infiltrasi kemudian dikelaskan sesuai dengan peraturan yang dikeluarkan oleh *US Soil Conversation*. Hasil pengkelasan tampak pada tabel berikut:

Tabel 4.17. Hasil Pengkelasan Laju Infiltrasi pada Sub DAS Tenggarang

No	Titik ke-	Nilai Volume Infiltrasi (mm/jam)	Kategori
1	1	16,168	Agak Lambat
2	2	28,376	Sedang
3	3	17,991	Agak Lambat
4	4	34,211	Sedang
5	5	6,529	Agak Lambat
6	6	38,555	Sedang
7	7	105,502	Agak Cepat
8	8	3,729	Lambat
9	9	59,125	Sedang
10	10	5,744	Agak Lambat
11	11	14,113	Agak Lambat
12	12	104,269	Agak Cepat
13	13	3,955	Lambat
14	14	135,851	Cepat
15	15	8,133	Agak Lambat
16	16	83,761	Agak Cepat
17	17	30,317	Sedang
18	18	44,023	Sedang
19	19	59,313	Sedang
20	20	39,835	Sedang

Terlihat pada tabel bahwa pada tabel 4.17 bahwa titik ke-14 yang berada di Desa Pakuniran Kecamatan Maesan mempunyai nilai volume infiltrasi yang besar. Hal ini disebabkan pada titik tersebut terletak di hutan dimana terdapat banyak pohon besar dan tanaman-tanaman bawah yang padat selain itu jenis tanah pada titik ini adalah latosol yang mempunyai ciri-ciri dapat menahan air yang banyak sehingga penyerapan air oleh tanah berlangsung dengan cepat.

Setelah itu nilai volume infiltrasi diinputkan pada tiap titik hujan menggunakan software ArcView GIS 3.3. Data kemudian diinterpolasi menggunakan interpolasi IDW (*Inverse Distance Weighting*) untuk mencari daerah yang memiliki nilai infiltrasi yang sama dengan mempertimbangkan jarak antar stasiun. Hasil dari interpolasi ditampilkan pada gambar berikut,



Gambar 4.10. Peta Persebaran Laju Infiltrasi pada Sub DAS Tenggarrang

Pembuatan peta persebaran laju infiltrasi menerapkan langkah yang sama dengan pembuatan peta intensitas hujan. Dengan power sebesar 2, kemudian dihitung nilai  $R^2$  dan didapatkan nilai 0,289 (mendekati 0) sehingga dapat dikatakan interpolasi IDW baik karena titik-titik tersebar secara merata. Pada gambar dapat diketahui bahwa di Sub DAS Tenggarang terdapat lima kelas laju infiltrasi yaitu, lambat, agak lambat, sedang, agak cepat, dan cepat. Perbedaan tingkatan kelas laju infiltrasi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain, jenis tanah, kondisi tata guna lahan di lapangan, kemiringan lereng, dan juga cuaca saat diadakannya penelitian saat itu. Luas lahan untuk kelas laju infiltrasi cepat yaitu 30,103 ha, sedangkan untuk kelas laju infiltrasi agak cepat yaitu 508,542 ha, diikuti kelas laju infiltrasi sedang sebesar 57532,975 ha dan agak lambat 471,72 ha sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai laju infiltrasi di Sub DAS Tenggarang didominasi oleh laju infiltrasi sedang dengan nilai laju infiltrasi berkisar antara 20 mm/jam – 63 mm/jam (lihat tabel 4.17).

#### **4.4. Daerah Potensi Pemasok Banjir**

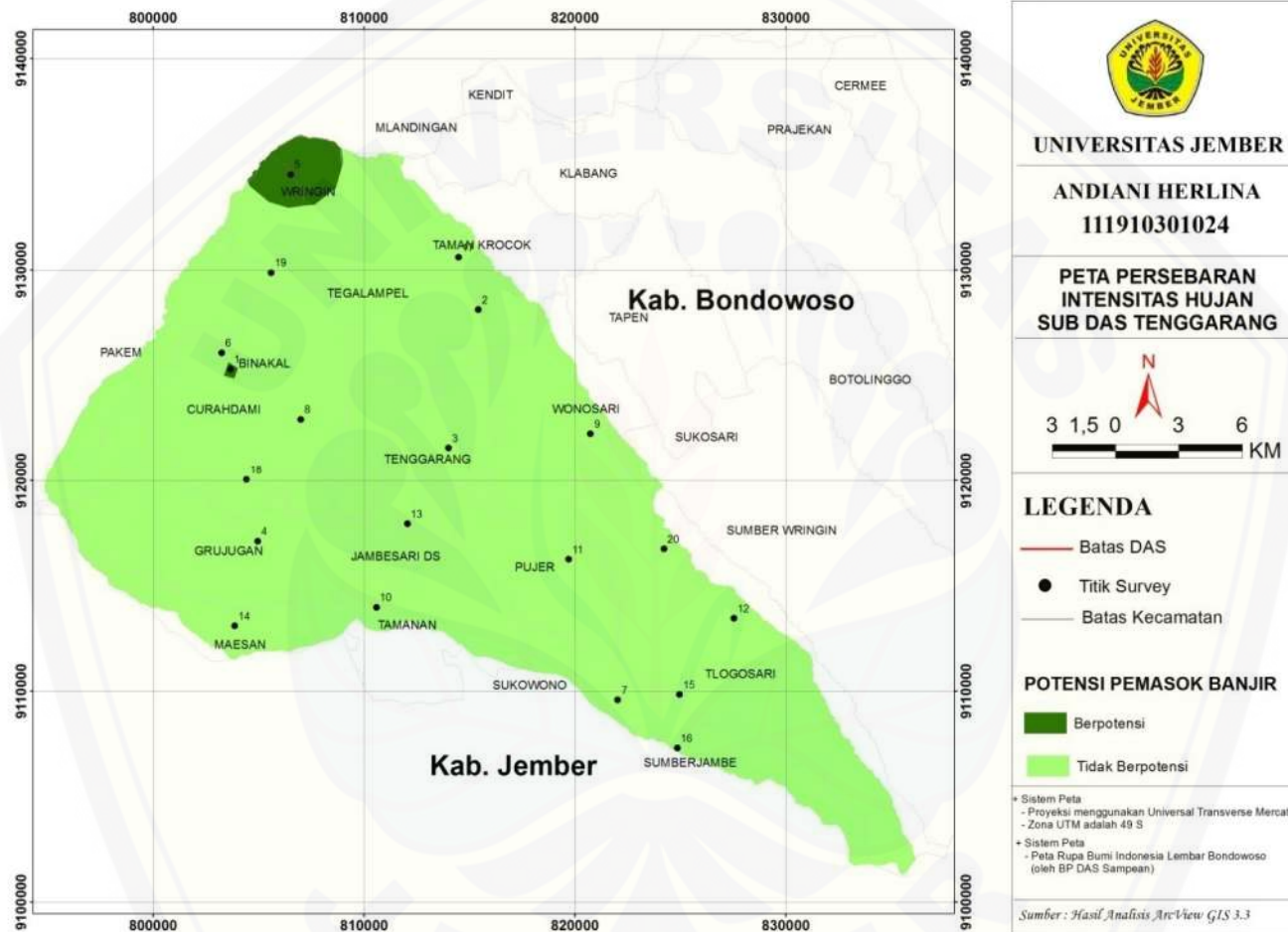
Pada penelitian ini, besarnya pasokan air banjir yang dihasilkan oleh daerah pemasok banjir diidentifikasi dari besarnya intensitas hujan dan laju infiltrasi. Jika intensitas hujan besarnya lebih dari besarnya laju infiltrasi yang terjadi pada daerah tersebut, maka dapat dikatakan bahwa air hujan tidak terserap sempurna oleh air sehingga menjadi aliran permukaan atau *runoff*. *Runoff* inilah yang kemudian diidentifikasi sebagai pasokan air banjir.

Apabila intensitas hujan yang jatuh di suatu DAS melebihi kapasitas infiltrasi, setelah laju infiltrasi terpenuhi, air akan mengisi cekungan-cekungan pada permukaan tanah. Setelah cekungan-cekungan tersebut penuh, selanjutnya air akan mengalir di atas permukaan tanah. Di daerah pegunungan (bagian hulu DAS) air permukaan atau yang disebut limpasan permukaan dapat masuk dengan cepat ke sungai yang dapat menyebabkan debit sungai meningkat. Di DAS bagian hulu dimana kemiringan sungai besar, debit banjir dapat terjadi dengan cepat (Triatmodjo, 2009).

Setelah dilakukan overlay terhadap peta intensitas hujan dan laju infiltrasi (Lihat Gambar 4.5 dan 4.10) maka diperoleh klasifikasi daerah potensi pemasok banjir yaitu berpotensi dan tidak berpotensi. Adapun hasil *overlay* dapat dilihat pada gambar 4.11. berikut.







Gambar 4.11. Peta Daerah Potensi Pemasok Banjir di Sub DAS Tenggarang

Peta intensitas hujan dan peta laju infiltrasi dioverlay dan didapatkan peta seperti pada gambar di atas. Pada *table attribut* ditambahkan *field* potensi\_banjir untuk memberikan klasifikasi daerah yang berpotensi dan tidak berpotensi. Setelah dilakukan overlay maka peta kemudian diklasifikasi berdasarkan *field* potensi\_banjir yang ada pada *table attribut*.

Dari gambar 4.11, terlihat bahwa daerah yang berwarna lebih gelap merupakan daerah dengan nilai intensitas yang lebih besar dari nilai laju infiltrasi. Daerah tersebut berada di daerah Kecamatan Wringin seluas 110,558 ha dan Kecamatan Binakal seluas 2,852 ha. Berada pada kemiringan antara 15-40% membuat debit sungai pada daerah ini lebih cepat meningkat, sedangkan jenis tanah pada daerah tersebut adalah latosol dengan ciri-ciri mempunyai nilai nutrisi yang rendah namun mampu menahan air dengan baik. Tanah ini baik digunakan untuk penanaman kelapa sawit, coklat kopi, teh dan karet, namun pada kenyataannya di lapangan justru digunakan untuk pemukiman dengan sebagian besar pengelolaan lahannya sawah. Hal ini yang kemudian menyebabkan nilai infiltrasi pada daerah tersebut rendah ditambah lagi dengan nilai intensitas hujan yang relatif tinggi sehingga air hujan tidak dapat terserap dengan baik dan sebagian besar mengalir sebagai limpasan (*run off*). Berdasarkan hal tersebut kemudian daerah ini dapat diidentifikasi sebagai daerah yang berpotensi sebagai pemasok banjir. Pada tabel berikut akan disajikan daerah mana saja yang termasuk dalam daerah berpotensi dan tidak berpotensi.

Tabel 4.18. Hasil Klasifikasi Daerah Potensi Pemasok Banjir Didasarkan dari Parameter Intensitas Hujan dan Laju Infiltrasi di Sub DAS Tenggarang

No	Klasifikasi	Luas (ha)	Luas (%)	Kecamatan
1	Berpotensi	113,41	0,2	Wringin dan sebagian kecil Binakal
2	Tidak Berpotensi	58429,93	99,8	Binakal, Taman Krocok, Tenggarang, Grujugan, Sumberjambe, Curahdami, Wonosari, Tamanan, Pujer, Tlogosari, Jambesari DS, Maesan, Pakem, Sukosari
Total		58543,34	100	

Tabel 4.18 diatas menjelaskan bahwa daerah Sub DAS Tenggarang sebagian besar tidak berpotensi sebagai pemasok banjir. Namun walaupun demikian tetap harus diperhatikan agar daerah yang berpotensi pemasok banjir tidak semakin meluas. Daerah yang memiliki potensi pemasok banjir terletak di Sub DAS Tenggarang sebelah utara dengan kemiringan lereng diantara 15-40%.

Berdasarkan klasifikasi potensi pemasok banjir pada daerah penelitian ini, daerah potensi pemasok banjir berarti daerah tersebut berpotensi menghasilkan limpasan lebih yang dapat menjadi pasokan banjir sehingga mengakibatkan bencana untuk daerah di bawahnya. Untuk itu perlu diadakan konservasi mengenai pencegahan dini baik di daerah potensi pemasok banjir tersebut ataupun di daerah sekitarnya yang memungkinkan untuk terkena dampak. Pencegahan dini bisa dilakukan dengan diadakannya pengelolaan tanaman tepat guna yang dapat memperbaiki lahan tersebut. Selain itu juga perlu diadakan konservasi terkait pengelolaan limpasan agar lebih bisa dimanfaatkan oleh masyarakat untuk kehidupan sehari-hari.

Daerah yang tidak berpotensi sebagai pemasok banjir bukan tidak mungkin dapat menjadi daerah yang berpotensi apabila daerah ini tidak dikelola dengan baik,

seperti pengelolaan tanaman yang tidak sesuai dengan kondisi lahan tersebut sehingga menyebabkan berkurangnya kemampuan tanah menahan air. Oleh karena itu perlu dijaga kelestariannya agar tidak menimbulkan bencana di kemudian hari.



#### **4.5. Pengecekan Kondisi Lapangan**

Pengecekan kondisi lapangan berfungsi sebagai data penyesuaian dari hasil penelitian dan juga sebagai data kualitatif. Observasi lapangan ini juga dimaksudkan untuk mengetahui kesesuaian faktor-faktor laju infiltrasi seperti kondisi lereng dan tata guna lahan yang dipakai dan juga untuk merealistiskan alasan daerah tersebut berpotensi atau tidak berpotensi sebagai daerah pemasok banjir.




Dari hasil observasi lapang diketahui adanya konservasi tanah yang kurang tepat. Lahan dengan kemiringan curam dengan tata guna lahan yang dipakai yaitu pemukiman dengan mayoritas sawah tadah hujan sebagai tata guna lahan tidak cukup kuat untuk menahan aliran air dalam tanah (Lihat Tabel 4.18 nomor 1). Tidak adanya vegetasi penutup tanah yang tepat menyebabkan hujan tidak akan terserap sempurna kemudian menjadi limpasan. Seharusnya dengan tingkat kemiringan lereng yang curam ditanami dengan pohon-pohon yang memiliki akar kuat dan vegetasi penutup tanah yang cukup rapat seperti rumput ataupun tumbuhan paku sehingga tanah dapat menyerap air lebih banyak.

Pada daerah lain dikatakan tidak berpotensi karena terdapat kesesuaian antara kelerengan dengan tata guna lahan yang ada. Dengan sistem tata guna lahan yang sesuai, laju infiltrasi akan lebih bisa dikendalikan sehingga dampak negatif pada lingkungan lebih bisa diminimalisir.

Tabel 4.19. Hasil Survey Kondisi Lapangan




No	Tata Guna Lahan	Tata Guna Lahan Lapangan	Jenis Tanaman	Desa	Kecamatan	Jenis Tanah	Kemiringan Lereng
1	Sawah tadah hujan		Jati, padi, jagung, kelapa, pisang, bambu.	Sumberwaru	Binakal	Latosol	15 - 40
		Sawah Tadah Hujan					
2	Sawah Irigasi		Cabai, pisang, petai cina, jati, tanaman bawah padat.	Sumberkokap	Taman Krocok	Regosol	2 - 15
		Sawah Irigasi					

3	Pemukiman		<p>Nangka, kelapa, tanaman pagar, mangga, padi.</p>	Kajar	Tenggarang	Regosol	0 - 2
		Pemukiman					
4	Pemukiman		<p>Pisang, tembakau, jagung, cabai, sengon, ketela.</p>	Kabuaran	Grujugan	Latosol	2 - 15
		Pemukiman					
5	Pemukiman		<p>Padi, palawija, durian, rambutan, kopi, pisang, ketela, petai cina, kelapa, talas, sengon, nangka, alpukat.</p>	Banyuwuluh	Wringin	Latosol	15 - 40
		Pemukiman					




6	Sawah tadah hujan		Palawija, jati, sengon, pisang.	Sumberwaru	Binakal	Latosol	15 - 40
		Sawah Tadah Hujan					
7	Tegalan		Sengon, rambutan, durian, kopi, talas, pisang, tanaman bawah padat, bambu.	Jambearum	Sumberjambe	Regosol	2 - 15
		Tegalan					
8	Sawah tadah hujan		Tebu, pisang, jati.	Curahpoh	Curahdami	Latosol	2 - 15
		Sawah Tadah Hujan					




9	Sawah Irigasi		Tebu, kelapa, jarak, jati, bambu.	Tumpeng	Wonosari	Regosol	2 - 15
		Sawah Irigasi					
10	Sawah Irigasi		Padi, cabai, pisang, kelapa	Wonosuko	Tamanan	Regosol	0 - 2
		Sawah Irigasi					
11	Sawah Irigasi		Padi, kelapa, cabai, pisang, mengkudu.	Maskuning Wetan	Pujer	Regosol	2 - 15
		Sawah Irigasi					



12	Sawah Irigasi		Padi, kopi, bambu, sengan, talas, alpukat.	Kembang	Tlogosari	Regosol	2 - 15
		Sawah Irigasi					
13	Sawah Irigasi		Padi, jetela, bambu, petai cina.	Jambesari	Jambesari Ds	Regosol	0 - 2
		Sawah Irigasi					
14	Hutan		Kopi, durian, talas, sengan, kelapa.	Pakuniram	Maesan	Latosol	2 - 15
		Hutan					

# Digital Repository Universitas Jember

15	Tegalan		Pinus, kopi, bambu, pisang, durian, tanaman bawah padat.	Pakisan	Tlogosari	Regosol	15 - 40
		Tegalan					
16	Hutan		Pinus, kopi, tanaman bawah padat, jagung.	Jambearum	Sumberjambe	Regosol	> 40
		Hutan					
17	Tegalan		Jagung, jati, pisang, ketela, mangga.	Kretek	Taman Krocok	Latosol	15 - 40
		Tegalan					

18	Sawah tadah hujan		Sengon, kelapa, pisang, tanaman bawah padat.	Pakuwesi	Curahdami	Latosol	15 - 40
19	Pemukiman		Pisang, talas, kopi, sengon, turi.	Pameton	Pakem	Latosol	15 - 40
20	Kebun		Jati, bambu, sengon, pisang, kelapa.	Pecalongan	Sukosari	Regosol	> 40

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan pada bab sebelumnya, dapat diambil kesimpulan bahwa besarnya nilai intensitas hujan di Sub DAS Tenggarang bervariasi, mulai dari yang terendah berada di Stasiun Hujan Kejayan dengan nilai 8,38 mm/jam hingga yang tertinggi berada di Stasiun Hujan Wringin dan Klabang dengan nilai 15,32 mm/jam dan terklasifikasi menjadi 2 yaitu daerah kelas intensitas hujan rendah dan daerah dengan kelas intensitas hujan sangat rendah. Daerah dengan kelas intensitas rendah memiliki luas 1.512,593 ha, sedangkan daerah dengan intensitas sangat rendah memiliki luas 57.030,747 ha.

Besarnya nilai laju infiltrasi di Sub DAS Tenggarang terbagi menjadi empat kelas yaitu, cepat, agak cepat, sedang, dan agak lambat. Nilai laju infiltrasi tertinggi di Sub DAS Tenggarang adalah 135,851 mm/jam berada pada titik ke-14 di Kecamatan Maesan, dan nilai laju infiltrasi terendah yaitu 3,729 mm/jam berada pada titik ke-8 di Kecamatan Curahdami. Luas lahan untuk kelas laju infiltrasi cepat yaitu 30,103 ha, sedangkan untuk kelas laju infiltrasi agak cepat yaitu 508,542 ha, diikuti kelas laju infiltrasi sedang sebesar 57.532,975 ha dan agak lambat 471,72 ha sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai laju infiltrasi di Sub DAS Tenggarang didominasi oleh laju infiltrasi sedang dengan nilai laju infiltrasi antara 20 mm/jam – 63 mm/jam.

Di Sub DAS Tenggarang sebagian besar daerah tidak berpotensi sebagai daerah pemasok banjir. Sedangkan daerah yang berpotensi sebagai pemasok banjir berada di daerah Kecamatan Wringin seluas 110,558 ha dan Kecamatan Binakal seluas 2,852 ha. Jumlah luasan daerah yang berpotensi sebagai pemasok banjir adalah 113,41 ha (0,2%) dan yang tidak berpotensi sebesar 58.429,93 ha (99,8%)

## 5.2. Saran

Pada penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan pengambilan sampel tanah untuk diuji di laboratorium untuk memastikan jenis tanah yang ada sehingga dapat diketahui berapa kapasitas maksimum tanah dalam menyerap air. Untuk besarnya limpasan yang dihasilkan sebaiknya dihitung menggunakan teori terkait guna mengetahui besar limpasan secara lebih akurat.

Apabila dihasilkan perhitungan besaran limpasan secara aktual mendekati atau sesuai dengan prediksi ini, maka perlu dilakukan upaya pengendalian banjir di bagian yang berpotensi sebagai pemasok banjir. Upaya pengendalian dapat dilakukan dengan mengatur kembali tata guna lahan pada daerah tersebut agar lebih memaksimalkan fungsi tanah dalam menyerap air.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiyanto, E., 2010. *Sistem Informasi Geografis dengan Quantum GIS*. Andi Offset: Yogyakarta
- Chakravart, N. Laha. And B. Roy. 1967. *Handbook of Methods of Applied Statistics*. New York: John Wiley and Sons.
- Chow, V. T. 1964. *Handbook of Applied Hydrology*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Danapriatna, N. dan R. Setiawan. 2005. *Pengantar Statistika*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Departemen Kehutanan. 2009. *Tata Cara Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan Dan Lahan Daerah Aliran Sungai (RTKRHL-DAS)*. Jakarta: Departemen Kehutanan. Menteri Kehutanan Republik Indonesia. Nomor : P.32/MENHUT-II/2009.
- Handoko. 1993. *Klimatologi Dasar*. Jakarta: PT. Pustaka Jaya.
- Jayadi, R. 2000. *Hidrologi I Pengenalan Hidrologi Teknik Sipil*. Yogyakarta: UGM-Press.
- Linsley, R. K., M. A. Kohler., J. B. Franzini and H. Paulhus. 1975. *Hydrology for Engineers*. New York: McGraw-Hill.
- Linsley, R.K., M.A. Kohler., J. B. Franzini and H. Paulhus. 1989. *Hidrologi Untuk Insinyur*. Jakarta: Erlangga.
- Loebis, J. 1992. *Banjir Rencana Untuk Bangunan Air*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum, Chandy Buana Kharisma.
- Prahasta, E. 2001. *Konsep-Konsep Dasar Sistem Informasi Geografis*. Bandung: CV. Informatika.
- Primayuda A. 2006. *Pemetaan Daerah Rawan dan Resiko Banjir Menggunakan Sistem Informasi Geografis: studi kasus Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur* [skripsi]. Bogor: Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

- Singh, P. V. 1992. *Elementary Hidrology*. New Jersey: Prentice-Hall Englewood Cliffs.
- Soedibyo. 2003. *Teknik Bendungan*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Sri Harto. 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta: Gramedia.
- Suherlan E. 2001. *Zonasi Tingkat Kerentanan Banjir Kabupaten Bandung* [skripsi]. Bogor. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Suroso. 2006. Analisis Curah Hujan untuk Membuat Kurva Intensity-Duration-Frequency (IDF) di Kawasan Rawan Banjir Kabupaten Banyumas. *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 3, No. 1. Purwakarta: Universitas Jendral Sudirman.
- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Xiu, Jianfeng, Gavin, Kenneth. 2008. *Effect of Rainfall Intensity into Partly Saturated Slopes*. *Geotechnical and Geological Engineering*, 26 (2): 199-209. Dublin: University College Dublin Library.
- [http://bpdas-sampean.net/article/view/28/other/das\\_sampean\\_bebas\\_banjir.html](http://bpdas-sampean.net/article/view/28/other/das_sampean_bebas_banjir.html)  
diakses pada 12 Oktober 2014 pukul 12:22 WIB.
- <http://bondowosokab.go.id/instansi/kecamatan/kecamatan-tenggarang> diakses pada 6 November 2014 pukul 18:56 WIB.

## A. Perhitungan Data Hujan Hilang

### 1. Sta Pinang Pait tahun 2000

R	R1	R2	R3	r1	r2	r3	r
99,053	107,895	115,789	68,632	208	119	76	134,147

### 2. Sta Maesan Tahun 2000

R	R1	R2	R3	R4	r1	r2	r3	r4	r
73,421	115,789	68,632	99,053	107,895	119	76	134	208	99

### 3. Sta Sumber Dumpyong tahun 2001

R	R1	R2	R3	R4	r1	r2	r3	r4	r
82,706	112,824	113,176	117,118	92,176	60	100	96	41	83

### 4. Sta Wringin tahun 2003

R	R1	R2	R3	R4	r1	r2	r3	r4	r
82,706	112,824	113,176	117,118	92,176	80	90	100	94	109

### 5. Sta Selolembu tahun 2005

R	R1	R2	R3	R4	r1	r2	r3	r4	r
82,706	112,824	113,176	117,118	92,176	200	73	160	81	110

### 6. Sta Grujugan Lor tahun 2000

R	R1	R2	R3	R4	R5	r1	r2	r3	r4	r5	r
89,167	115,111	113,111	109,333	67,222	96,167	105	99	119	76	134	96

### 7. Sta Grujugan Lor tahun 2002

R	R1	R2	R3	R4	R5	r1	r2	r3	r4	r5	r
89,167	115,111	113,111	109,333	67,222	96,167	177	128	232	94	151	138

### 8. Sta Wonosari II tahun 2002

R	R1	R2	R3	R4	r1	r2	r3	r4	r
114,579	112,368	109,842	67,684	98,158	128	232	94	151	177

### 9. Sta Kasemek tahun 1995

R	R1	R2	R3	R4	r1	r2	r3	r4	r
68	89,833	91,917	69,583	94,167	95	68	57	102	63



10. Sta Kasemek tahun 1996

R	R1	R2	R3	R4	r1	r2	r3	r4	r
68	89,833	91,917	69,583	94,167	88	500	59	68	136

11. Sta Kasemek tahun 1997

R	R1	R2	R3	R4	r1	r2	r3	r4	r
68	89,833	91,917	69,583	94,167	70	93	60	157	73

12. Sta Kasemek tahun 1998

R	R1	R2	R3	R4	r1	r2	r3	r4	r
68	89,833	91,917	69,583	94,167	80	63	64	80	57

13. Sta Kasemek tahun 1999

R	R1	R2	R3	R4	r1	r2	r3	r4	r
68	89,833	91,917	69,583	94,167	95	75	72	95	67

14. Sta Kasemek tahun 2000

R	R1	R2	R3	R4	r1	r2	r3	r4	r
68	89,833	91,917	69,583	94,167	96	119	76	134	83

15. Sta Kasemek tahun 2001

R	R1	R2	R3	R4	r1	r2	r3	r4	r
68	89,833	91,917	69,583	94,167	99	66	63	99	64

16. Sta Kasemek tahun 2002

R	R1	R2	R3	R4	r1	r2	r3	r4	r
68	89,833	91,917	69,583	94,167	138	232	94	151	119

17. Sta Clangap tahun 1995

R	R1	R2	R3	R4	r1	r2	r3	r4	r
114,875	96,750	100,875	99,250	80,625	75	212	90	70	134

18. Sta Clangap tahun 1996

R	R1	R2	R3	R4	r1	r2	r3	r4	r
114,875	96,750	100,875	99,250	80,625	46	90	97	50	85

19. Sta Clangap tahun 1997

R	R1	R2	R3	R4	r1	r2	r3	r4	r
114,875	96,750	100,875	99,250	80,625	123	90	160	114	149

20. Sta Clangap tahun 1998

R	R1	R2	R3	R4	r1	r2	r3	r4	r
114,875	96,750	100,875	99,250	80,625	230	95	70	89	147

21. Sta Clangap tahun 1999

R	R1	R2	R3	R4	r1	r2	r3	r4	r
114,875	96,750	100,875	99,250	80,625	86	90	75	82	102

22. Sta Clangap tahun 2000

R	R1	R2	R3	R4	r1	r2	r3	r4	r
114,875	96,750	100,875	99,250	80,625	85	90	82	61	96

23. Sta Clangap tahun 2001

R	R1	R2	R3	R4	r1	r2	r3	r4	r
114,875	96,750	100,875	99,250	80,625	69	78	77	65	88

24. Sta Clangap tahun 2002

R	R1	R2	R3	R4	r1	r2	r3	r4	r
114,875	96,750	100,875	99,250	80,625	116	110	115	98	134

25. Sta Clangap tahun 2003

R	R1	R2	R3	R4	r1	r2	r3	r4	r
114,875	96,750	100,875	99,250	80,625	77	96	33	70	85

26. Sta Clangap tahun 2004

R	R1	R2	R3	R4	r1	r2	r3	r4	r
114,875	96,750	100,875	99,250	80,625	78	77	70	50	83

27. Sta Clangap tahun 2005

R	R1	R2	R3	R4	r1	r2	r3	r4	r
114,875	96,750	100,875	99,250	80,625	62	100	68	75	93

28. Sta Clangap tahun 2006

R	R1	R2	R3	R4	r1	r2	r3	r4	r
114,875	96,750	100,875	99,250	80,625	68	85	67	61	85

29. Sta Pakisan tahun 2000

R	R1	R2	R3	R4	r1	r2	r3	r4	r
94,947	84,632	91,737	118,368	113,895	67	96	105	99	85

30. Sta Sukokerto tahun 2000

R	R1	R2	R3	R4	r1	r2	r3	r4	r
101,667	84,222	90,667	96,778	77,444	67	96	85	61	89

31. Sta Sukokerto tahun 2005

R	R1	R2	R3	R4	r1	r2	r3	r4	r
101,667	84,222	90,667	96,778	77,444	92	111	62	75	100

32. Sta Tlogosari tahun 2000

R	R1	R2	R3	R4	r1	r2	r3	r4	r
89,647	88,588	95,235	102,471	76,824	96	85	90	61	82

33. Sta Tlogosari tahun 2001

R	R1	R2	R3	R4	r1	r2	r3	r4	r
101,667	84,222	90,667	96,778	77,444	99	69	78	65	77

34. Sta Tlogosari tahun 2002

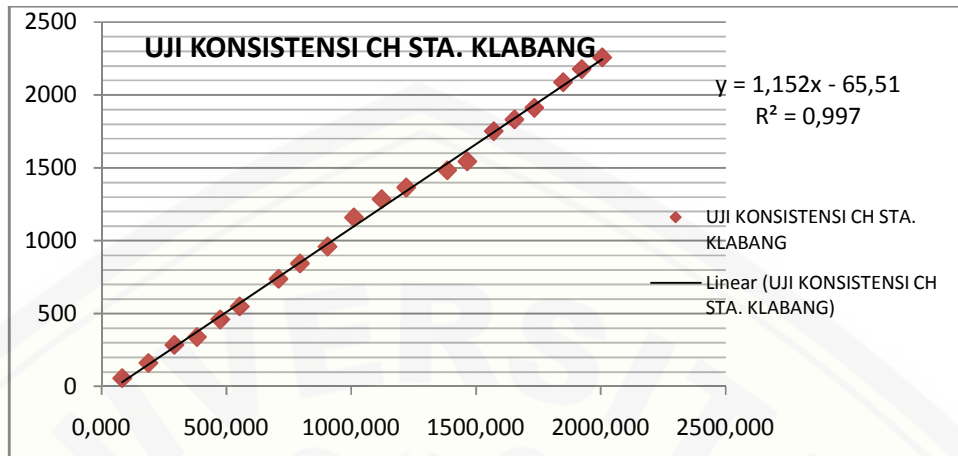
R	R1	R2	R3	R4	r1	r2	r3	r4	r
101,667	84,222	90,667	96,778	77,444	138	116	110	98	115

35. Sta Maskuning Wetan tahun 2000

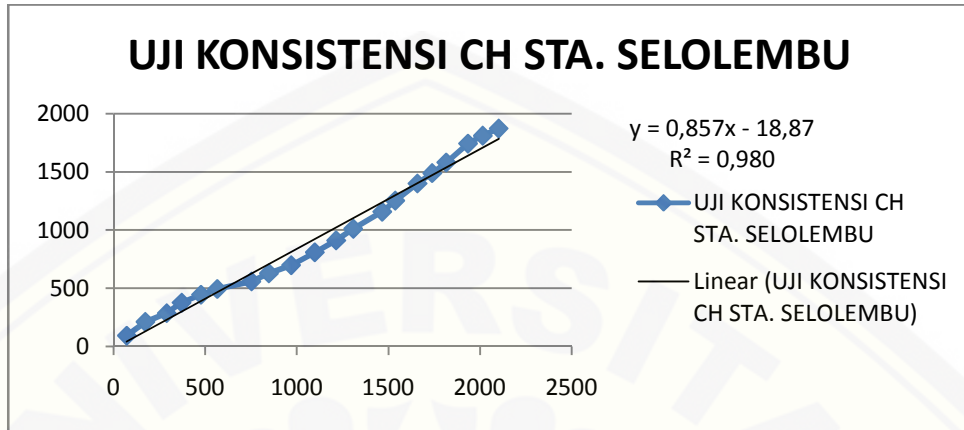
R	R1	R2	R3	R4	R5	r1	r2	r3	r4	r5	r
77,316	84,687	91,762	118,401	113,895	94,947	67	90	105	58	75	61

**B. Perhitungan Uji Konsistensi**

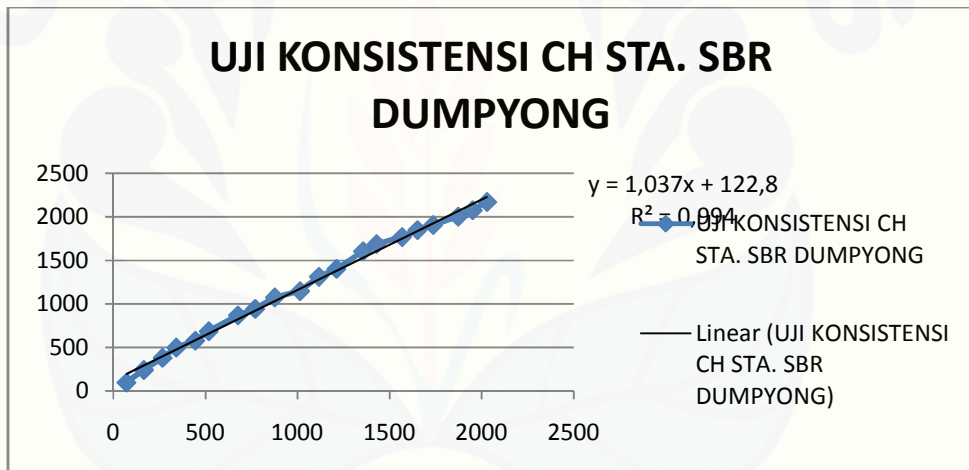
**1. Sta Klabang**



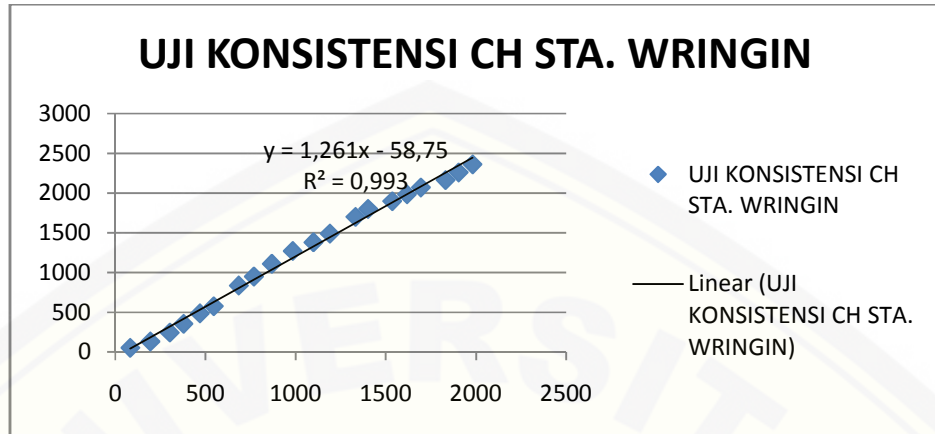
2. Sta Selolembu



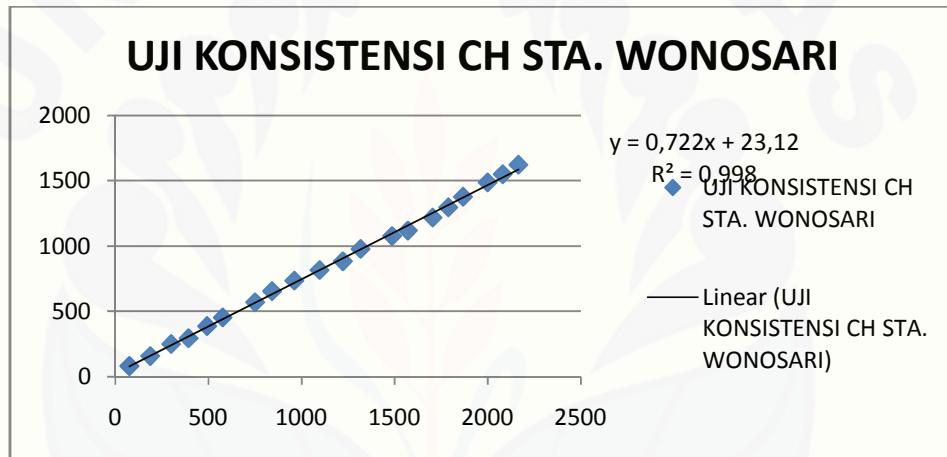
3. Sta Sumber Dumpyong



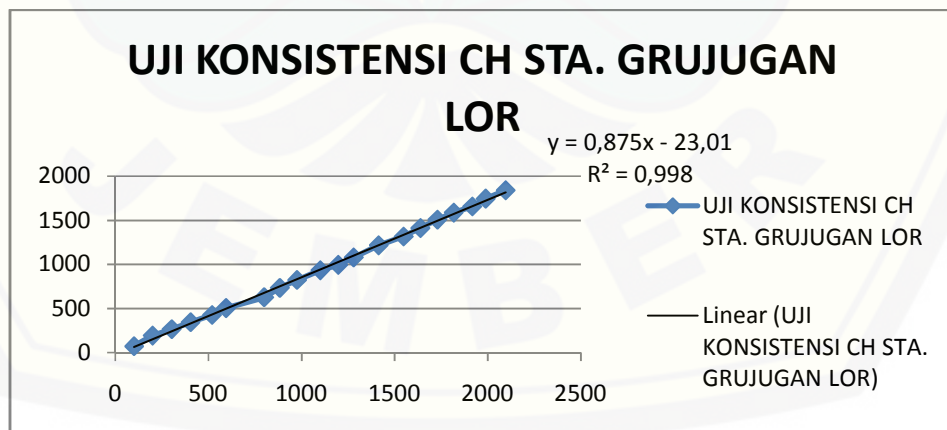
4. Sta Wringin



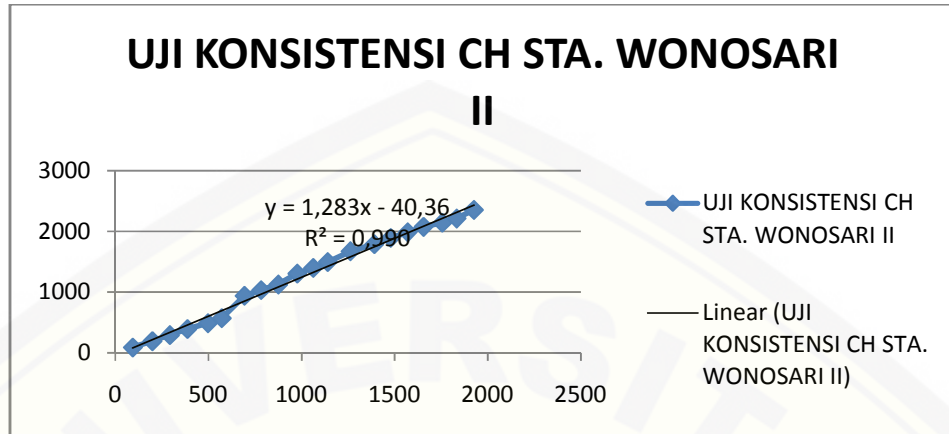
5. Sta Wonosari I



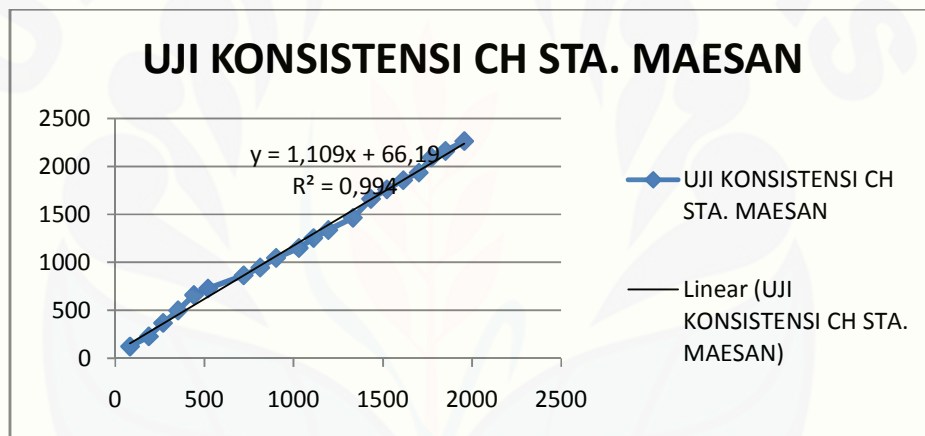
6. Sta Grujugan Lor



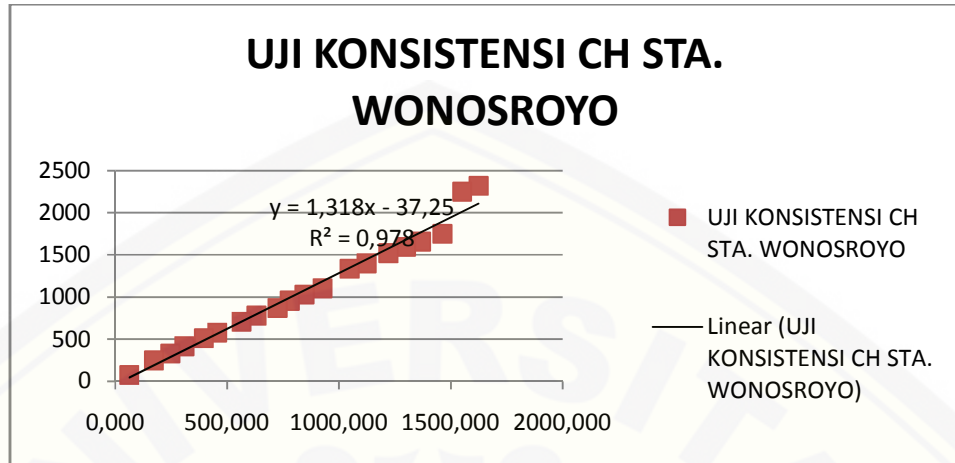
7. Sta Wonosari II



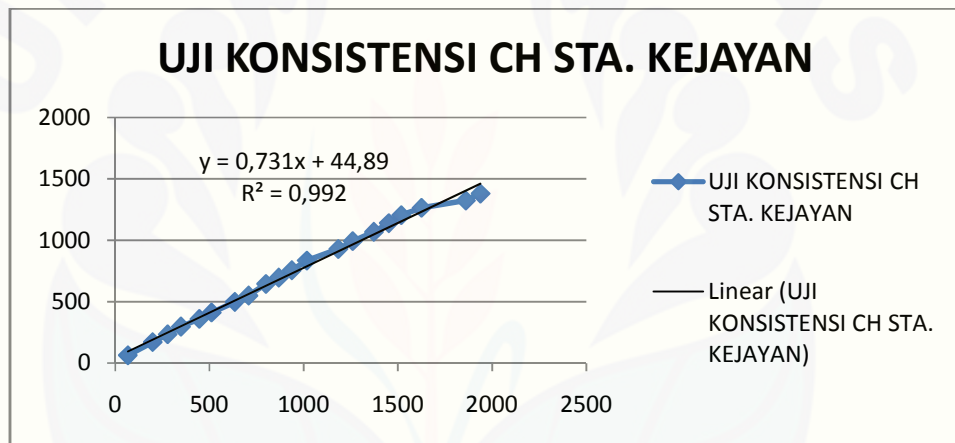
8. Sta Maesan



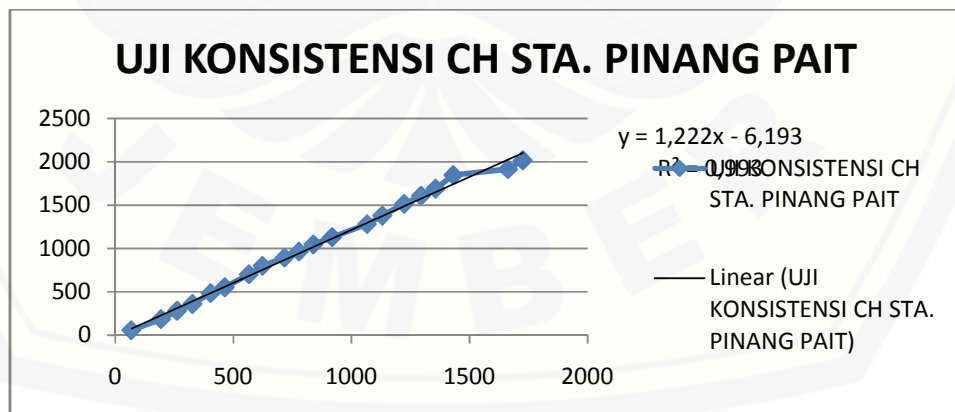
9. Sta Wonosroyo



10. Sta Kejayan

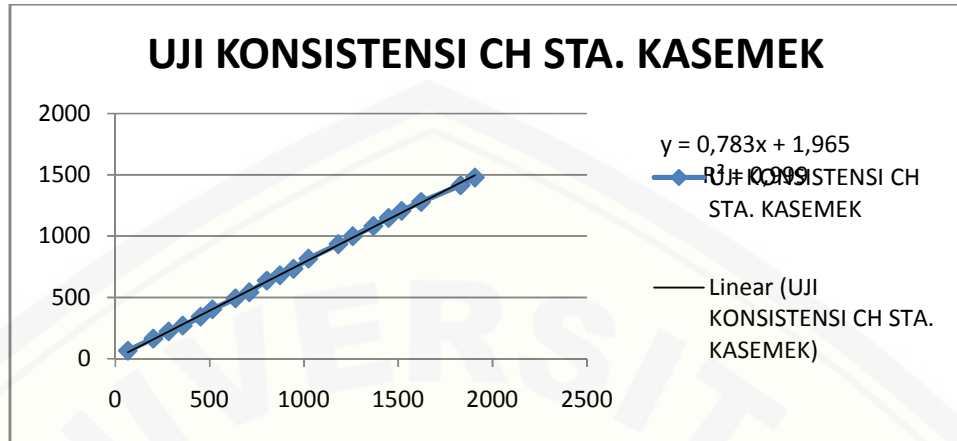


11. Sta Pinang Pait

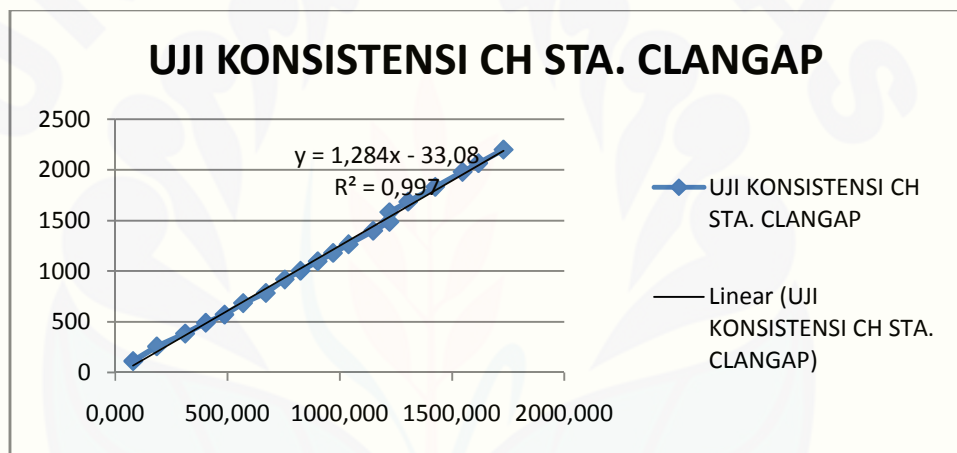


12. Sta Kasemek

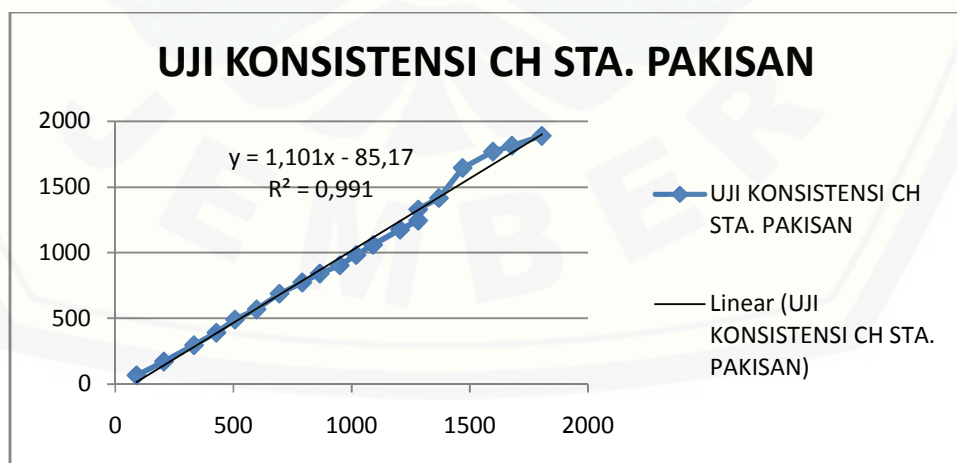




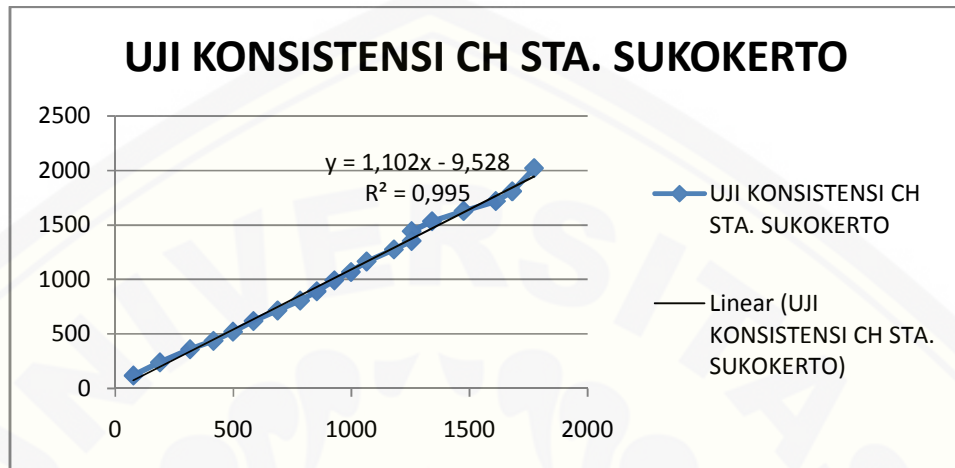
### 13. Sta Clangap



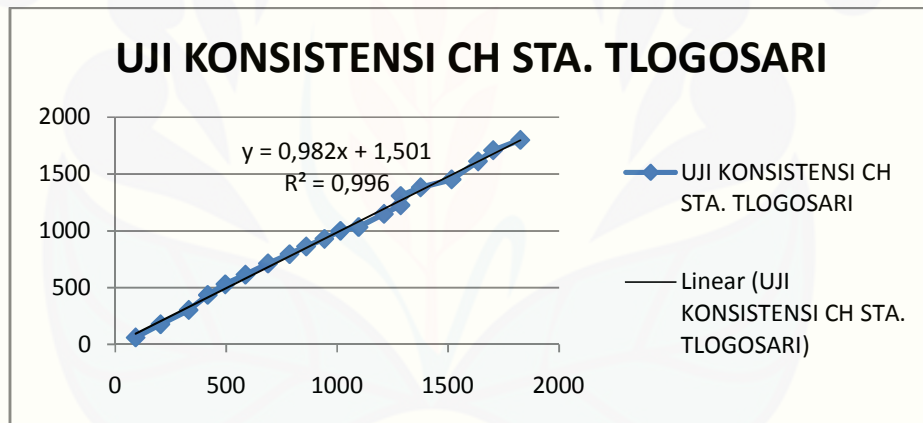
### 14. Sta Pakisan



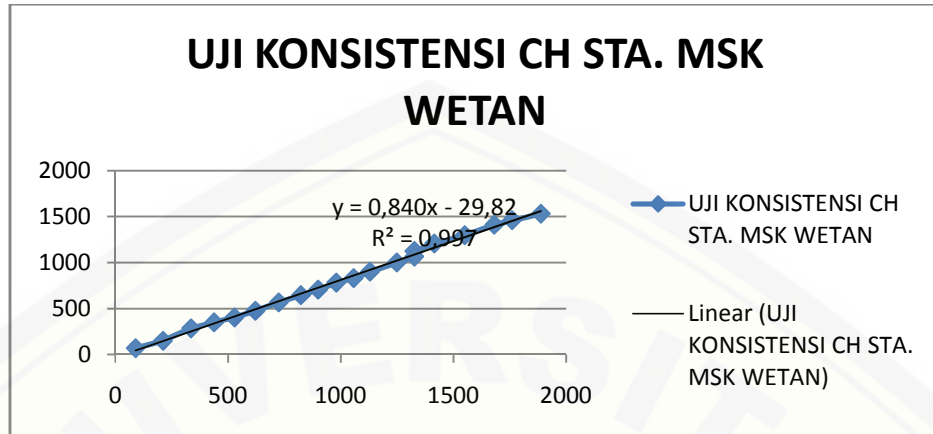
15. Sta Sukokerto



16. Sta Tlogosari



17. Sta Maskuning Wetan



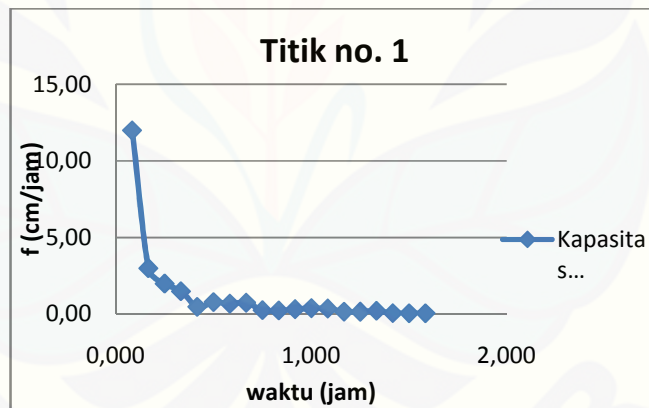
### C. Contoh Perhitungan Laju Infiltrasi

Berikut data pengukuran dan kurva kapasitas infiltrasi 20 titik hasil penelitian laju infiltrasi di lapangan.

1. Titik lokasi penelitian nomer 1
  - Tanggal Pengamatan : 5 Maret 2015
  - GPS-UTM: Zone 49 S/N; X: 803688 ; Y: 9125301 ; Elevasi: 588 m dpl
  - Lokasi: Kab: Bondowoso Kec: Binakal Desa: Sumberwaru
  - Jenis Tanah: Latosol
  - Penggunaan Lahan : Sawah tadah hujan
  - Vegetasi/Tanaman (existing): Jati, padi, jagung, kelapa, pisang, bambu
  - Lereng: 15 - 40%

**Tabel A.1** Hasil Pengukuran Laju Infiltrasi Dilapangan

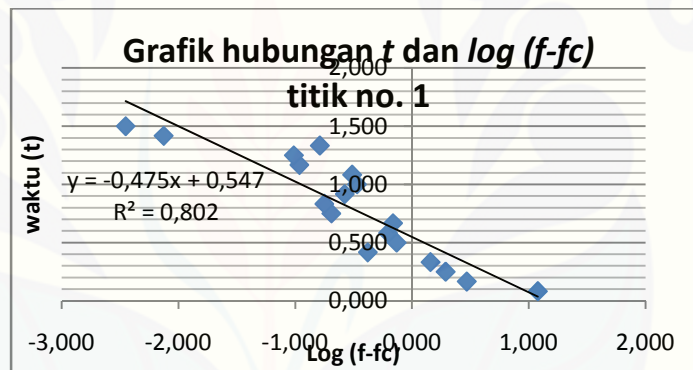
No	Waktu (menit)	Waktu (jam)	Tinggi Air (cm)	Penurunan (cm)	f (cm/jam)
1	0	0,000	30	0	0
2	5	0,083	29	1	12,00
3	10	0,167	28,5	0,5	3,00
4	15	0,250	28	0,5	2,00
5	20	0,333	27,5	0,5	1,50
6	25	0,417	27,3	0,2	0,48
7	30	0,500	26,9	0,4	0,80
8	35	0,583	26,5	0,4	0,69
9	40	0,667	26	0,5	0,75
10	45	0,750	25,8	0,2	0,27
11	50	0,833	25,6	0,2	0,24
12	55	0,917	25,3	0,3	0,33
13	60	1,000	24,9	0,4	0,40
14	65	1,083	24,5	0,4	0,37
15	70	1,167	24,3	0,2	0,17
16	75	1,250	24,1	0,2	0,16
17	80	1,333	23,8	0,3	0,23
18	85	1,417	23,7	0,1	0,07
19	90	1,500	23,6	0,1	0,07
20	95	1,583	23,5	0,1	0,06
21	100	1,667	23,5	0	0,00
22	105	1,750	23,5	0	0,00
23	110	1,833	23,5	0	0,00



**Gambar A.1** Kapasitas Infiltrasi Titik No. 1

**Tabel B.1** Perhitungan Parameter Infiltrasi

Waktu (t) (jam)	Kapasitas infiltrasi (f) (cm/jam)	fc	f-fc	log (f-fc)
0,083	12,000	0,063	11,937	1,077
0,167	3,000	0,063	2,937	0,468
0,250	2,000	0,063	1,937	0,287
0,333	1,500	0,063	1,437	0,157
0,417	0,480	0,063	0,417	-0,380
0,500	0,800	0,063	0,737	-0,133
0,583	0,686	0,063	0,623	-0,206
0,667	0,750	0,063	0,687	-0,163
0,750	0,267	0,063	0,204	-0,691
0,833	0,240	0,063	0,177	-0,752
0,917	0,327	0,063	0,264	-0,578
1,000	0,400	0,063	0,337	-0,473
1,083	0,369	0,063	0,306	-0,514
1,167	0,171	0,063	0,108	-0,965
1,250	0,160	0,063	0,097	-1,014
1,333	0,225	0,063	0,162	-0,791
1,417	0,071	0,063	0,007	-2,129
1,500	0,067	0,063	0,004	-2,455
1,583	0,063	0,063	0,000	



**Gambar B.1** Kurva Persamaan Linear Regresi

dari persamaan liner tersebut diperoleh gradien,  $m = -0,475$   
 dengan menggunakan rumus  $K = -1 / 0,434 m$ , maka  $K = 4,85$

**Perhitungan laju infiltrasi konstan**

Nilai laju infiltrasi pada saat konstan  $t = 1,583$  adalah

$$f = fc + (f_0 - fc) e^{-kt}$$

$f_0$  = laju infiltrasi awal = 12 cm/jam

$fc$  = laju infiltrasi akhir = 0,063 cm/jam

$t = 1,583$  jam

$k = 4,85$

$e = 2,718$

$$f = 0,063 + (12 - 0,063) e^{-(4,85 \cdot 1,583)}$$

$$f = 0,063 + (12 - 0,063) e^{-7,677}$$

$$f = 0,068 \text{ cm/jam} = 0,68 \text{ mm/jam}$$

**Perhitungan volume infiltrasi total**

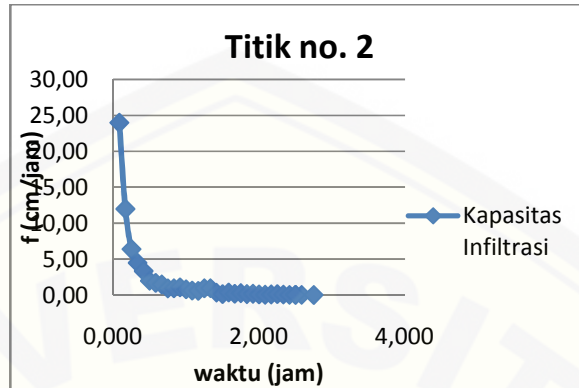
$$\begin{aligned}
 F(t) &= f_c \cdot t + \frac{1}{k} (f_0 - f_c) (1 - e^{-kt}) \\
 &= 0,063 \times 1,583 + \frac{1}{2,718} (12 - 0,063) (1 - e^{-(4,85 \times 1,583)}) \\
 &= 0,099 + (0,206 \times 11,937 \times 0,999) \\
 &= 2,559 \text{ cm} / 1,583 \text{ jam} \\
 &= 1,616 \text{ cm/jam} = 16,168 \text{ mm/jam}
 \end{aligned}$$

2. Titik lokasi penelitian nomer 2

- Tanggal Pengamatan : 4 Maret 2015
- GPS-UTM: Zone 49 S/N; X: 815343 ; Y: 9128106 ; Elevasi: 272 m dpl
- Lokasi: Kab: Bondowoso Kec: Taman Krocok Desa: Sumberkopak
- Jenis Tanah: Regosol
- Penggunaan Lahan : Sawah Irigasi
- Vegetasi/Tanaman (existing): Cabai, pisang, petai cina, jati, tanaman bawah padat
- Lereng: 2 - 15%

**Tabel A.2** Hasil Pengukuran Laju Infiltrasi Dilapangan

No	Waktu (menit)	Waktu (jam)	Tinggi Air (cm)	Penurunan (cm)	f (cm/jam)
1	0	0,000	30	0	0
2	5	0,083	28	2	24,00
3	10	0,167	26	2	12,00
4	15	0,250	24,4	1,6	6,40
5	20	0,333	22,9	1,5	4,50
6	25	0,417	21,5	1,4	3,36
7	30	0,500	20,5	1	2,00
8	35	0,583	19,5	1	1,71
9	40	0,667	18,5	1	1,50
10	45	0,750	17,8	0,7	0,93
11	50	0,833	17	0,8	0,96
12	55	0,917	16	1	1,09
13	60	1,000	15,2	0,8	0,80
14	65	1,083	14,5	0,7	0,65
15	70	1,167	13,8	0,7	0,60
16	75	1,250	12,6	1,2	0,96
17	80	1,333	11,3	1,3	0,97
18	85	1,417	10,8	0,5	0,35
19	90	1,500	10,6	0,2	0,13
20	95	1,583	10	0,6	0,38
21	100	1,667	9,7	0,3	0,18
22	105	1,750	9,2	0,5	0,29
23	110	1,833	8,9	0,3	0,16
24	115	1,917	8,5	0,4	0,21
25	120	2,000	8,3	0,2	0,10
26	125	2,083	8,2	0,1	0,05
27	130	2,167	8	0,2	0,09
28	135	2,250	7,7	0,3	0,13
29	140	2,333	7,5	0,2	0,09
30	145	2,417	7,4	0,1	0,04
31	150	2,500	7,2	0,2	0,08
32	155	2,583	7,1	0,1	0,04
33	150	2,500	7	0,1	0,04
34	165	2,750	6,9	0,1	0,04

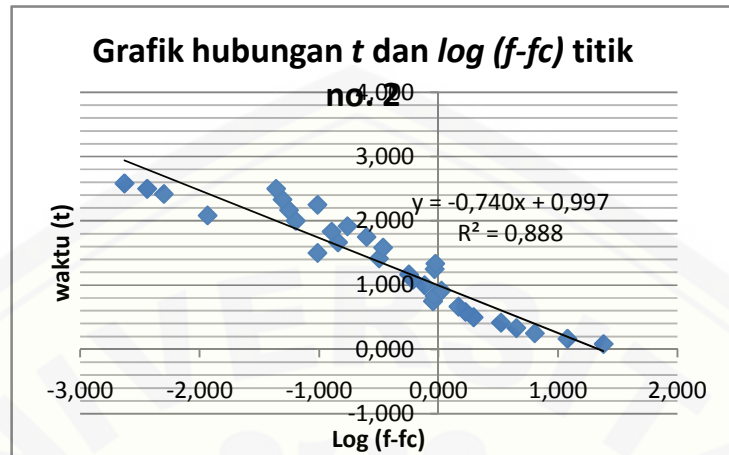


Gambar A.2 Kapasitas Infiltrasi Titik No. 2

Perhitungan laju infiltrasi titik nomer 2

Tabel B.2 Perhitungan Parameter Infiltrasi

Waktu (t) (jam)	Kapasitas infiltrasi (f) (cm/jam)	fc	f-fc	log (f-fc)
0,083	24,000	0,036	23,964	1,380
0,167	12,000	0,036	11,964	1,078
0,250	6,400	0,036	6,364	0,804
0,333	4,500	0,036	4,464	0,650
0,417	3,360	0,036	3,324	0,522
0,500	2,000	0,036	1,964	0,293
0,583	1,714	0,036	1,678	0,225
0,667	1,500	0,036	1,464	0,165
0,750	0,933	0,036	0,897	-0,047
0,833	0,960	0,036	0,924	-0,034
0,917	1,091	0,036	1,055	0,023
1,000	0,800	0,036	0,764	-0,117
1,083	0,646	0,036	0,610	-0,215
1,167	0,600	0,036	0,564	-0,249
1,250	0,960	0,036	0,924	-0,034
1,333	0,975	0,036	0,939	-0,028
1,417	0,353	0,036	0,317	-0,500
1,500	0,133	0,036	0,097	-1,013
1,583	0,379	0,036	0,343	-0,465
1,667	0,180	0,036	0,144	-0,843
1,750	0,286	0,036	0,249	-0,603
1,833	0,164	0,036	0,127	-0,895
1,917	0,209	0,036	0,172	-0,764
2,000	0,100	0,036	0,064	-1,196
2,083	0,048	0,036	0,012	-1,934
2,167	0,092	0,036	0,056	-1,252
2,250	0,133	0,036	0,097	-1,013
2,333	0,086	0,036	0,049	-1,307
2,417	0,041	0,036	0,005	-2,300
2,500	0,080	0,036	0,044	-1,360
2,583	0,039	0,036	0,002	-2,630
2,500	0,040	0,036	0,004	-2,439
2,750	0,036	0,036		



**Gambar B.2** Kurva Persamaan Linear Regresi

dari persamaan linear tersebut diperoleh gradien,  $m = -0,740$  dengan menggunakan rumus  $K = -1 / 0,434 m$ , maka  $K = 3,11$

**Perhitungan laju infiltrasi titik lokasi penelitian no. 2**

Nilai laju infiltrasi pada saat konstan  $t = 2,750$  adalah

$$f = fc + (f_0 - fc) e^{-kt}$$

$f_0$  = laju infiltrasi awal = 24 cm/jam

$fc$  = laju infiltrasi akhir = 0,04 cm/jam

$t = 2,750$  jam

$k = 3,11$

$e = 2,718$

$$f = 0,04 + (24 - 0,04) e^{-(k \cdot (2,750))}$$

$$f = 0,04 + (24 - 0,04) e^{-(3,11 \cdot (2,750))}$$

$$f = 0,044 \text{ cm/jam} = 0,44 \text{ mm/jam}$$

**Perhitungan volume infiltrasi total**

$$F(t) = fc \cdot t + \frac{1}{k} (f_0 - fc) (1 - e^{-kt})$$

$$= 0,04 \times 2,75 + \frac{1}{2,718} (24 - 0,04) (1 - e^{-(3,11 \times 2,75)})$$

$$= 0,11 + (0,321 \times 23,960 \times 0,999)$$

$$= 7,803 \text{ cm} / 2,75 \text{ jam}$$

$$= 2,837 \text{ cm/jam} = 28,376 \text{ mm/jam}$$

3. Titik lokasi penelitian nomer 3

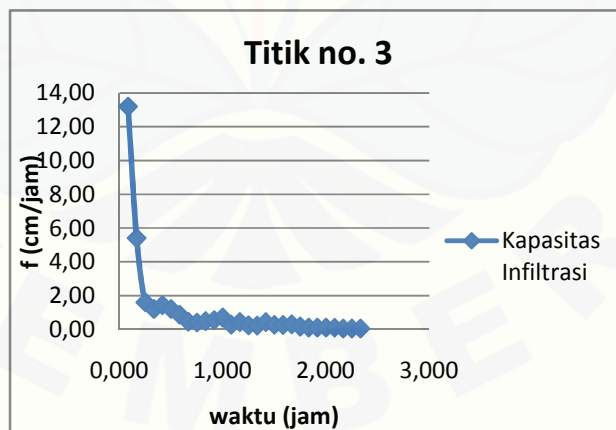
- Tanggal Pengamatan : 2 Maret 2015
- GPS-UTM: Zone 49 S/N; X: 814034 ; Y: 9121556 ; Elevasi: 290 m dpl
- Lokasi: Kab: Bondowoso Kec: Tenggarang Desa: Kajar
- Jenis Tanah: Regosol
- Penggunaan Lahan : Pemukiman
- Vegetasi/Tanaman (existing): Nangka, kelapa, tamanan pagar, mangga, padi



- Lereng: 0 - 2 %

**Tabel A.3 Hasil Pengukuran Laju Infiltrasi Dilapangan**

No	Waktu (menit)	Waktu (jam)	Tinggi Air (cm)	Penurunan (cm)	f (cm/jam)
1	0	0,000	18	0	0
2	5	0,083	16,9	1,1	13,20
3	10	0,167	16	0,9	5,40
4	15	0,250	15,6	0,4	1,60
5	20	0,333	15,2	0,4	1,20
6	25	0,417	14,6	0,6	1,44
7	30	0,500	14	0,6	1,20
8	35	0,583	13,5	0,5	0,86
9	40	0,667	13,2	0,3	0,45
10	45	0,750	12,9	0,3	0,40
11	50	0,833	12,5	0,4	0,48
12	55	0,917	12	0,5	0,55
13	60	1,000	11,3	0,7	0,70
14	65	1,083	11	0,3	0,28
15	70	1,167	10,5	0,5	0,43
16	75	1,250	10,2	0,3	0,24
17	80	1,333	9,9	0,3	0,22
18	85	1,417	9,3	0,6	0,42
19	90	1,500	8,9	0,4	0,27
20	95	1,583	8,5	0,4	0,25
21	100	1,667	8	0,5	0,30
22	105	1,750	7,7	0,3	0,17
23	110	1,833	7,5	0,2	0,11
24	115	1,917	7,3	0,2	0,10
25	120	2,000	7,1	0,2	0,10
26	125	2,083	6,9	0,2	0,10
27	130	2,167	6,8	0,1	0,05
28	135	2,250	6,7	0,1	0,04
29	140	2,333	6,6	0,1	0,04

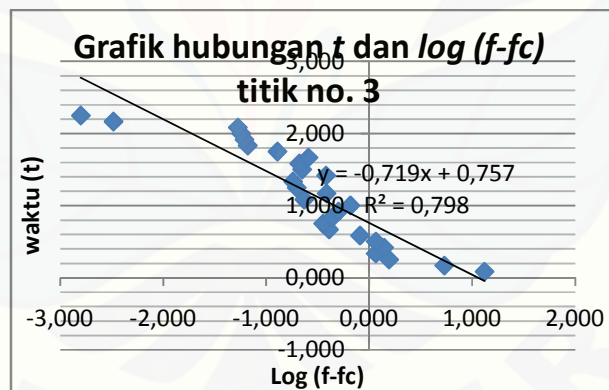


**Gambar A.3 Kapasitas Infiltrasi Titik No. 3**

Perhitungan laju infiltrasi titik nomer 3

**Tabel B.3** Perhitungan Parameter Infiltrasi

Waktu (t) (jam)	Kapasitas infiltrasi (f) (cm/jam)	fc	f-fc	log (f-fc)
0,083	13,200	0,043	13,157	1,119
0,167	5,400	0,043	5,357	0,729
0,250	1,600	0,043	1,557	0,192
0,333	1,200	0,043	1,157	0,063
0,417	1,440	0,043	1,397	0,145
0,500	1,200	0,043	1,157	0,063
0,583	0,857	0,043	0,814	-0,089
0,667	0,450	0,043	0,407	-0,390
0,750	0,400	0,043	0,357	-0,447
0,833	0,480	0,043	0,437	-0,359
0,917	0,545	0,043	0,503	-0,299
1,000	0,700	0,043	0,657	-0,182
1,083	0,277	0,043	0,234	-0,631
1,167	0,429	0,043	0,386	-0,414
1,250	0,240	0,043	0,197	-0,705
1,333	0,225	0,043	0,182	-0,740
1,417	0,424	0,043	0,381	-0,419
1,500	0,267	0,043	0,224	-0,650
1,583	0,253	0,043	0,210	-0,678
1,667	0,300	0,043	0,257	-0,590
1,750	0,171	0,043	0,129	-0,891
1,833	0,109	0,043	0,066	-1,179
1,917	0,104	0,043	0,061	-1,211
2,000	0,100	0,043	0,057	-1,243
2,083	0,096	0,043	0,053	-1,275
2,167	0,046	0,043	0,003	-2,482
2,250	0,044	0,043	0,002	-2,799
2,333	0,043	0,043		



Gambar B.3 Kurva Persamaan Linear Regresi

dari persamaan linear tersebut diperoleh gradien,  $m = -0,719$  dengan menggunakan rumus  $K = -1 / 0,434 m$ , maka  $K = 3,20$

**Perhitungan laju infiltrasi titik lokasi penelitian no. 3**

Nilai laju infiltrasi pada saat konstan  $t = 2,333$  adalah

$$f = fc + (f_0 - fc) e^{-kt}$$

$f_0$  = laju infiltrasi awal = 13,20 cm/jam

$f_c$  = laju infiltrasi akhir = 0,04 cm/jam

$t$  = 2,333 jam

$k$  = 3,20

$e$  = 2,718

$f = 0,04 + (13,20 - 0,04) e^{-k \cdot (2,333)}$

$f = 0,04 + (13,20 - 0,04) e^{-(3,20 \cdot (2,333))}$

$f = 0,047$  cm/jam = 0,47 mm/jam

### Perhitungan volume infiltrasi total

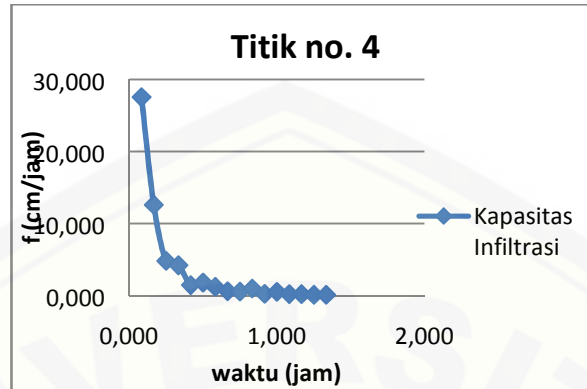
$$\begin{aligned}
 F(t) &= f_c \cdot t + \frac{1}{k} (f_0 - f_c) (1 - e^{-kt}) \\
 &= 0,04 \times 2,333 + \frac{1}{2,718} (13,2 - 0,04) (1 - e^{-(3,20 \times 2,333)}) \\
 &= 0,093 + (0,312 \times 13,16 \times 0,999) \\
 &= 4,197 \text{ cm} / 2,333 \text{ jam} \\
 &= 1,799 \text{ cm/jam} = 17,991 \text{ mm/jam}
 \end{aligned}$$

#### 4. Titik lokasi penelitian nomer 4

- Tanggal Pengamatan : 25 Desember 2014
- GPS-UTM: Zone 49 S/N; X: 804983 ; Y: 9117103 ; Elevasi: 484 m dpl
- Lokasi: Kab: Bondowoso Kec: Grujugan Desa: Kabuaran
- Jenis Tanah: Latosol
- Penggunaan Lahan : Pemukiman
- Vegetasi/Tanaman (existing): Pisang, Tembakau, Jagung, Cabe, Sengon, Ketela
- Lereng: 2 - 15 %

**Tabel A.4** Hasil Pengukuran Laju Infiltrasi Dilapangan

No	Waktu (menit)	Waktu (jam)	Tinggi Air (cm)	Penurunan (cm)	f (cm/jam)
1	0	0	30	0	0
2	5	0,083	27,7	2,3	27,600
3	10	0,167	25,6	2,1	12,600
4	15	0,250	24,4	1,2	4,800
5	20	0,333	23	1,4	4,200
6	25	0,417	22,4	0,6	1,440
7	30	0,500	21,5	0,9	1,800
8	35	0,583	20,8	0,7	1,200
9	40	0,667	20,4	0,4	0,600
10	45	0,750	20	0,4	0,533
11	50	0,833	19,2	0,8	0,960
12	55	0,917	19	0,2	0,218
13	60	1,000	18,5	0,5	0,500
14	65	1,083	18,3	0,2	0,185
15	70	1,167	18,1	0,2	0,171
16	75	1,250	18	0,1	0,080
17	80	1,333	17,9	0,1	0,075
18	85	1,417	17,9	0	0,000
19	90	1,500	17,9	0	0,000
20	95	1,583	17,9	0	0,000

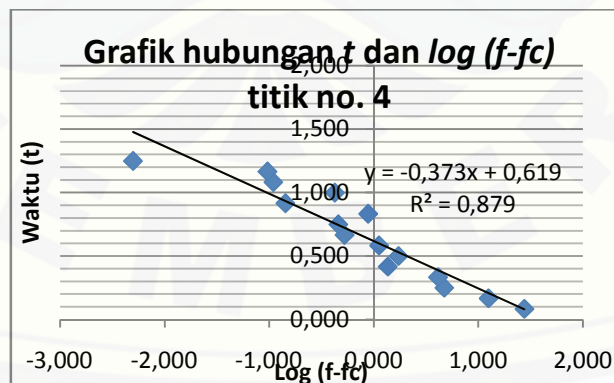


Gambar A.4 Kapasitas Infiltrasi Titik No. 4

Perhitungan laju infiltrasi titik nomer 4

Tabel B.4 Perhitungan Parameter Infiltrasi

Waktu (t) (jam)	Kapasitas infiltrasi (f) (cm/jam)	$f_c$	$f-f_c$	$\log (f-f_c)$
0,083	27,600	0,075	27,525	1,440
0,167	12,600	0,075	12,525	1,098
0,250	4,800	0,075	4,725	0,674
0,333	4,200	0,075	4,125	0,615
0,417	1,440	0,075	1,365	0,135
0,500	1,800	0,075	1,725	0,237
0,583	1,200	0,075	1,125	0,051
0,667	0,600	0,075	0,525	-0,280
0,750	0,533	0,075	0,458	-0,339
0,833	0,960	0,075	0,885	-0,053
0,917	0,218	0,075	0,143	-0,844
1,000	0,500	0,075	0,425	-0,372
1,083	0,185	0,075	0,110	-0,960
1,167	0,171	0,075	0,096	-1,016
1,250	0,080	0,075	0,005	-2,301
1,333	0,075	0,075	0,000	



Gambar B.4 Kurva Persamaan Linear Regresi dari persamaan linear tersebut diperoleh gradien,  $m = -0,373$  dengan menggunakan rumus  $K = -1 / 0,434 m$ , maka  $K = 6,17$

**Perhitungan laju infiltrasi titik lokasi penelitian no. 4**

Nilai laju infiltrasi pada saat konstan  $t = 1,333$  adalah

$$f = f_c + (f_0 - f_c) e^{-kt}$$

$$f_0 = \text{laju infiltrasi awal} = 27,6 \text{ cm/jam}$$

$$f_c = \text{laju infiltrasi akhir} = 0,08 \text{ cm/jam}$$

$$t = 1,333 \text{ jam}$$

$$k = 6,17$$

$$e = 2,718$$

$$f = 0,08 + (27,6 - 0,08) e^{-(6,17 \cdot 1,333)}$$

$$f = 0,08 + (27,6 - 0,08) e^{-6,17 \cdot 1,333}$$

$$f = 0,087 \text{ cm/jam} = 0,87 \text{ mm/jam}$$

**Perhitungan volume infiltrasi total**

$$F(t) = f_c \cdot t + \frac{1}{k} (f_0 - f_c) (1 - e^{-kt})$$

$$= 0,08 \times 1,333 + \frac{1}{2,718} (27,6 - 0,08) (1 - e^{-6,17 \times 1,333})$$

$$= 0,106 + (0,162 \times 27,52 \times 0,999)$$

$$= 4,560 \text{ cm} / 1,333 \text{ jam}$$

$$= 3,421 \text{ cm/jam} = 34,211 \text{ mm/jam}$$

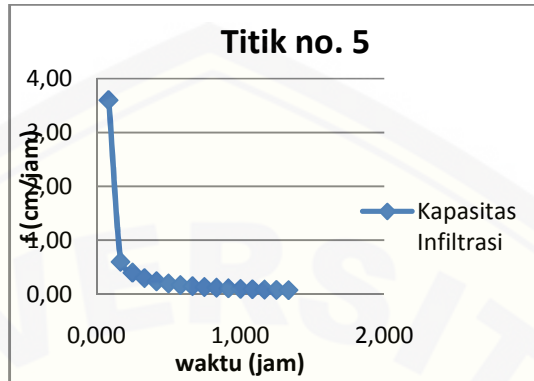
5. Titik lokasi penelitian nomer 5

- Tanggal Pengamatan : 6 Maret 2015
- GPS-UTM: Zone 49 S/N; X: 806548 ; Y: 9134501 ; Elevasi: 521 m dpl
- Lokasi: Kab: Bondowoso Kec: Wringin Desa: Banyuwuluh
- Jenis Tanah: Latosol
- Penggunaan Lahan : Tegalan
- Vegetasi/Tanaman (existing): palawija, durian, rambutan, kopi, pisang, ketela, petai cina, kelapa, talas, sengon, nangka, padi, apukat.
- Lereng: 15 - 40 %

**Tabel A.5 Hasil Pengukuran Laju Infiltrasi Dilapangan**

No	Waktu	Waktu	Tinggi Air	Penurunan	f (cm/jam)
	(menit)	(jam)	(cm)	(cm)	
1	0	0,000	30	0	0
2	5	0,083	29,7	0,3	3,60
3	10	0,167	29,6	0,1	0,60
4	15	0,250	29,5	0,1	0,40
5	20	0,333	29,4	0,1	0,30
6	25	0,417	29,3	0,1	0,24
7	30	0,500	29,2	0,1	0,20
8	35	0,583	29,1	0,1	0,17
9	40	0,667	29	0,1	0,15
10	45	0,750	28,9	0,1	0,13
11	50	0,833	28,8	0,1	0,12
12	55	0,917	28,7	0,1	0,11
13	60	1,000	28,6	0,1	0,10
14	65	1,083	28,5	0,1	0,09
15	70	1,167	28,4	0,1	0,09
16	75	1,250	28,3	0,1	0,08

17	80	1,333	28,2	0,1	0,08
----	----	-------	------	-----	------

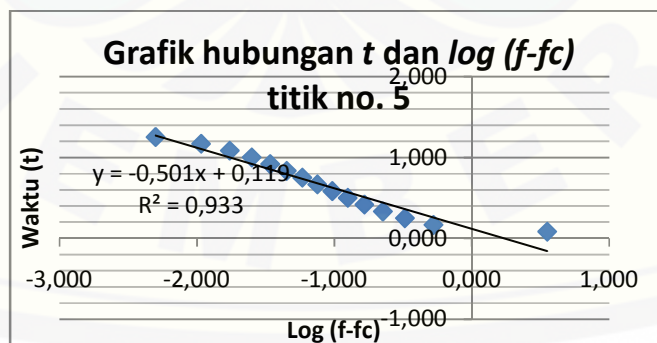


Gambar A.5 Kapasitas Infiltrasi Titik No. 5

Perhitungan laju infiltrasi titik nomer 5

Tabel B.5 Perhitungan Parameter Infiltrasi

Waktu (t) (jam)	Kapasitas infiltrasi (f) (cm/jam)	fc	f-fc	log (f-fc)
0,083	3,600	0,075	3,525	0,547
0,167	0,600	0,075	0,525	-0,280
0,250	0,400	0,075	0,325	-0,488
0,333	0,300	0,075	0,225	-0,648
0,417	0,240	0,075	0,165	-0,783
0,500	0,200	0,075	0,125	-0,903
0,583	0,171	0,075	0,096	-1,016
0,667	0,150	0,075	0,075	-1,125
0,750	0,133	0,075	0,058	-1,234
0,833	0,120	0,075	0,045	-1,347
0,917	0,109	0,075	0,034	-1,467
1,000	0,100	0,075	0,025	-1,602
1,083	0,092	0,075	0,017	-1,762
1,167	0,086	0,075	0,011	-1,970
1,250	0,080	0,075	0,005	-2,301
1,333	0,075	0,075		



Gambar B.5 Kurva Persamaan Linear Regresi

dari persamaan linear tersebut diperoleh gradien,  $m = -0,501$   
dengan menggunakan rumus  $K = -1 / 0,434 m$ , maka  $K = 4,59$

**Perhitungan laju infiltrasi titik lokasi penelitian no. 5**

Nilai laju infiltrasi pada saat konstan  $t = 1,333$  adalah

$$f = f_c + (f_0 - f_c) e^{-kt}$$

$$f_0 = \text{laju infiltrasi awal} = 3,6 \text{ cm/jam}$$

$$f_c = \text{laju infiltrasi akhir} = 0,08 \text{ cm/jam}$$

$$t = 1,333 \text{ jam}$$

$$k = 4,59$$

$$e = 2,718$$

$$f = 0,08 + (3,6 - 0,08) e^{-(4,59 \cdot 1,333)}$$

$$f = 0,08 + (3,6 - 0,08) e^{-(4,59 \cdot 1,333)}$$

$$f = 0,087 \text{ cm/jam} = 0,87 \text{ mm/jam}$$

**Perhitungan volume infiltrasi total**

$$F(t) = f_c \cdot t + \frac{1}{k} (f_0 - f_c) (1 - e^{-kt})$$

$$= 0,08 \times 1,333 + \frac{1}{2,718} (3,6 - 0,08) (1 - e^{-(4,59 \times 1,333)})$$

$$= 0,106 + (0,217 \times 3,52 \times 0,997)$$

$$= 0,870 \text{ cm} / 1,333 \text{ jam}$$

$$= 0,652 \text{ cm/jam} = 6,529 \text{ mm/jam}$$