

**PENDUGAAN HIDROGRAF LIMPASAN PERMUKAAN
DENGAN *WATERSHED MODELLING SYSTEM*
PADA SUB-DAS TA'DEANG DI KABUPATEN MAROS**

Oleh

**INDO TAKKO
G 621 08 255**



**PROGRAM STUDI KETEKNIKAN PERTANIAN
JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2013**

**PENDUGAAN HIDROGRAF LIMPASAN PERMUKAAN
DENGAN *WATERSHED MODELLING SYSTEM*
PADA SUB-DAS TA'DEANG DI KABUPATEN MAROS**

Oleh

**INDO TAKKO
G 621 08 255**

**Skripsi sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Teknologi Pertanian pada Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin**

**PROGRAM STUDI KETEKNIKAN PERTANIAN
JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2013**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Pendugaan Hidrograf Limpasan Permukaan Dengan
Watershed Modelling System Pada Sub-Das Ta'deang
Di Kabupaten Maros

Nama : Indo Takko

Stambuk : G 62108255

Program Studi : Keteknikan Pertanian

Jurusan : Teknologi Pertanian

Disetujui Oleh
Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Ir. Totok Prawitosari, MS.
NIP. 19520217 198303 1 003

Pembimbing II

Dr. Ir. H. Mahmud Achmad, MP
NIP. 19700603 199403 1 003

Mengetahui

Ketua Jurusan
Teknologi Pertanian

Prof. Dr. Ir. Hj. Mulyati M Tahir, MS
NIP. 19570923 178312 2 001

Ketua Panitia Ujian Sarjana
Jurusan Teknologi Pertanian

Dr. Iqbal, STP., MSi
NIP. 19781225 200212 1 001

Tanggal Pengesahan: Mei 2013

Indo Takko (G621 08 255). **Pendugaan Hidrograf Limpasan Permukaan dengan *Watershed Modelling System* pada sub DAS Ta'deang di Kabupaten Maros.** Dibawah Bimbingan **Totok Prawitosari dan Mahmud Achmad**

RINGKASAN

Penelusuran banjir di sub DAS Ta'deang dapat ditafsirkan sebagai suatu prosedur untuk menentukan atau memperkirakan besaran banjir di suatu titik berdasarkan data yang diketahui dengan menggunakan *software Watershed Modelling System* (WMS). Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pendugaan hidrograf limpasan permukaan sungai dengan menggunakan WMS metode *Technical Releases 55* (TR 55) dan membandingkannya dengan hasil pengukuran langsung di lapangan (observasi) pada sub-DAS Ta'deang serta mengetahui karakteristik hidrograf aliran pada 2 titik aliran sungai serta. Pengukuran hidrograf aliran dilakukan pada tiga kali pengamatan banjir dan mencatat perubahan tinggi muka air (TMA) pada setiap 30 menit dimana data TMA pada 2 titik aliran sungai diambil secara bersamaan. Hasil penelitian menunjukkan Waktu capai puncak (*time to peak*) pengamatan pertama, kedua dan ketiga adalah 5.5 jam , 4.5 jam dan 4.5 jam dengan *Lag time* menuju titik 2 sub DAS Ta'deang masing-masing pengamatan selama 0.5 jam, 0.5 jam dan 1 jam dengan karakteristik hidrograf yang berbeda-beda berdasarkan debit puncak yakni debit rendah, sedang, dan tinggi. Berdasarkan analisis regresi dan simpangan baku, maka WMS dapat digunakan untuk menduga hidrograf aliran pada sub-DAS Ta'deang kabupaten Maros dengan tingkat keakuratan pendugaan rata-rata 91.5%.

Kata kunci : Aliran Permukaan, Hidrograf, sub-DAS Ta'Deang, *Watershed Modelling System*.

BIOGRAFI PENULIS



Indo Takko. Penulis dilahirkan di desa Palippu, kabupaten Wajo, Sulawesi Selatan pada tanggal 19 Agustus 1990. Anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Nganro dan Tahi. Penulis memulai pendidikan pertama pada tingkat sekolah dasar yaitu SD Negeri 34 Palippu, Sengkang (1996-2002), penulis melanjutkan pendidikan di Madrasah Tsanawiyah II No. 2 Bontouse, Sengkang, (2002-2005). Setelah itu, dilanjutkan dengan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 2 Sengkang pada tahun 2005. Selanjutnya, penulis berhasil menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Atas pada tahun 2008 dan terdaftar sebagai mahasiswi program S1 pada Program Studi Keteknikan Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin Makassar melalui jalur UMB.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas limpahan berkah dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pendugaan Hidrograf Limpasan Permukaan Dengan *Watershed Modelling System* Pada Sub-Das Ta'deang Di Kabupaten Maros” yang disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan tingkat sarjana di Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin.

Dalam prosesnya, penulis menyadari bahwa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada: Bapak Ir. Totok Prawitosari, MS dan Dr.Ir.H. Mahmud Achmad, MP selaku pembimbing yang telah memberikan arahan, dorongan, kritik dan saran. Siti Fatima Tantu, S.TP, yang telah memberikan bimbingan selama penelitian. Bapak Prof.Dr.Ir. H. Ahmad Minir, M.Eng, dan Ibu Haerani, M.Eng. selaku penguji. Disamping itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua staf di Program Studi Keteknikan Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian.

Penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih kepada kedua orang tua dan keluarga atas segala doa dan nasihat yang diberikan kepada penulis. Untuk kawan-kawan sejawat TEKPERT 08

Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih Terkhusus buat sahabat-sahabatku yang tersayang (Devi, Chul, Unie, Ummi Isah, Niks, Imma, Fitri, Edha, Ainun, dan Nunhu) dan Alamsyah yang tercinta atas bantuan dan supportnya selama ini

Penulis menyadari bahwa skripsi ini belum sempurna, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih. Semoga skripsi ini bermanfaat.

Makassar, Mei 2013

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAK.....	iii
BIOGRAFI PENULIS	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Kegunaan.....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Daerah Aliran Sungai (DAS) dan Karakteristik	3
2.2 Debit Aliran	5
2.3 <i>Watershed Modeling Sistem (WMS)</i>	7
2.4 <i>Technical Releases 55 (TR 55)</i>	8
2.5 <i>Rainfall (Curah Hujan)</i>	9
2.6 <i>Time Of Consentration (Tc)</i>	10
2.7 <i>Land Use (Penggunaan Lahan)</i>	10
2.8 <i>Soil Type (Jenis Tanah)</i>	11
2.9 <i>Curve Number (CN)</i>	13
2.10 Hidrograf Satuan	13
2.11 Analisis Regresi dan Korelasi.....	19
III. METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Waktu dan Tempat	21

3.2	Alat dan Bahan.....	21
3.3	Metode Penelitian.....	21
3.4	Analisis Data.....	21
3.5	Prosedur Penelitian.....	22
3.5.1	Pengambilan Data.....	22
3.5.2	Pengolahan Data.....	22
3.6	<i>Watershed Modelling System (WMS)</i>	23
3.6.1	Pengumpulan Data.....	23
3.6.2	Deliniasi DAS.....	23
3.6.3	Menghitung Debit Puncak.....	24
3.7	Analisis Data Berpasangan.....	25
3.8	Kategori Debit dan Panjang Hidrograf.....	25
3.9	Diagram Alir Penelitian.....	26
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1	Keadaan Umum Lokasi	27
4.1.1	Letak dan Luas.....	27
4.1.2	Jenis Tanah	27
4.1.3	Penggunaan Lahan.....	28
4.1.4	Profil Sungai.....	28
4.2	Parameter sub-DAS.....	29
4.3	Debit Ukur	30
4.4	Hidrograf hasil Pengukuran	31
4.5	Hidrograf Hasil Perhitungan.....	34
3.6	Perbandingan Debit Ukur dan Hitung	36
4.7	Hubungan Antara Debit Ukur dengan Debit Hitung.....	38
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	42
5.1	Kesimpulan.....	42
5.2	Saran.....	42

DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	44

DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
1.	Penentuan Kedalaman Pengukuran dan Perhitungan Kecepatan aliran.....	6
2.	Laju Infiltrasi Tanah Berdasarkan Kelas Tekstur Tanah	12
3.	Jenis Tanah di sub-DAS Ta'Deang.....	28
4.	Penggunaan Lahan di sub-DAS Ta'Deang.....	28
5.	Penggunaan Lahan, Kelompok Hidrologi Lahan, dan CN sub-DAS Ta'Deang	29
6.	Tinggi Muka Air dan Debit sub-DAS Ta'Deang.....	30
7.	Debit Ukur dan Debit Hitung pada Titik 1 dan Titik 2	36
8.	Tingkat Kesalahan Relatif dari Korelasi antara Debit Ukur dengan Debit Hitung	41

DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
1.	Daerah Aliran Sungai (<i>Watersheds/Drainage Basin</i>).....	3
2.	Jaringan Sungai danTingkatannya	4
3.	Pembagian Lebar Sungai dan Kedalamannya	6
4.	Hubungan Hujan Efektif dengan Limpasan	14
5.	Tahapan Pembuatan Hidrograf Aliran	15
6.	Prinsip Hidrograf Satuan.....	17
7.	Metode Pemisahan Aliran	17
8.	Bagian-bagian Komponen Hidrograf.....	19
9.	DAS Maros.....	27
10.	Profil Sungai Titik 1 danTitik 2 sub-DAS Ta'Deang	29
11.	<i>Rating Curve</i> Titik 2 sub-DAS Ta'Deang.....	30
12.	<i>Rating Curve</i> Titik 1 sub-DAS Ta'Deang.....	31
13.	Hidrograf Aliran pada Pengukuran Pertama	31
14.	Hidrograf Aliran pada Pengukuran Kedua	32
15.	Hidrograf Aliran pada Pengukuran Ketiga.....	32
16.	Hidrograf Aliran pada Titik 2 Sungai	33
17.	Hidrograf Aliran pada Titik 1 Sungai	33
18.	Hidrograf Aliran pada Perhitungan Pertama	34
19.	Hidrograf Aliran pada Perhitungan Kedua.....	35
20.	Hidrograf Aliran pada Perhitungan Ketiga	35
21.	Hidrograf Perbandingan Debit Ukur Dengan Debit Hitung Titik 1 pada Pengamatan Pertama.....	36
22.	Hidrograf Perbandingan Debit Ukur Dengan Debit Hitung Titik 2 pada Pengamatan Pertama.....	36

23. Hidrograf Perbandingan Debit Ukur dengan Debit Hitung Titik 1 pada Pengamatan Kedua	37
24. Hidrograf Perbandingan Debit Ukur dengan Debit Hitung Titik 2 pada Pengamatan Kedua	37
25. Hidrograf Perbandingan Debit Ukur dengan Debit Hitung Titik 1 pada Pengamatan Ketiga	37
26. Hidrograf Perbandingan Debit Ukur dengan Debit Hitung Titik 2 pada Pengamatan Ketiga	38
27. Perbandingan Debit Ukur dengan Debit Hitung Titik 1 pada Pengamatan Pertama	39
28. Perbandingan Debit Ukur dengan Debit Hitung Titik 2 pada Pengamatan Pertama	39
29. Perbandingan Debit Ukur dengan Debit Hitung Titik 1 pada Pengamatan Kedua	39
30. Perbandingan Debit Ukur dengan Debit Hitung Titik 2 pada Pengamatan Kedua	40
31. Perbandingan Debit Ukur dengan Debit Hitung Titik 1 pada Pengamatan Ketiga	40
32. Perbandingan Debit Ukur dengan Debit Hitung Titik 2 pada Pengamatan Ketiga	40

DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul	Halaman
1.	Peta Administrasi Sub-DAS Ta’Deang.....	44
2.	Peta Penggunaan Lahan Sub-DAS Ta’Deang	45
3.	Peta Jenis Tanah Sub-DAS Ta’Deang	46
4.	Bilangan Kurva (CN) Untuk Berbagai Kompleks Penutup Lahan Pada Berbagai Kelompok Hidrologi Lahan.....	47
5.	Data Pengukuran Kecepatan Aliran dan Luas Penampang Sungai pada Titik 1 Sub DAS Ta’Deang	49
6.	Data Pengukuran Kecepatan Aliran dan Luas Penampang Sungai pada Titik 2 Sub DAS Ta’Deang	51
7.	Perhitungan Debit Menggunakan Metode Manning.....	53
8.	Data Curah Hujan Harian	53
9.	Hasil Perhitungn Debit	54
10.	Hasil Perhitungan Debit Menggunakan WMS Metode TR 55.....	58
11.	Debit dan Kesalahan Relatif	63
12.	Alat yang Digunakan pada Saat Penelitian Berlangsung	65
13.	Foto-foto Penelitian.....	66

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daerah Aliran Sungai disingkat DAS ialah istilah geografi mengenai sebatang sungai, anak sungai dan area tanah yang dipengaruhinya. DAS adalah suatu wilayah yang dibatasi oleh batas-batas topografi secara alami sedemikian rupa sehingga setiap air hujan yang jatuh dalam DAS tersebut akan mengalir melalui titik tertentu (titik pengukuran di sungai) dalam DAS tersebut (Asdak, 2004).

Penurunan mutu Daerah Aliran Sungai (DAS) di Indonesia telah menjadi keprihatinan nasional. Hal ini ditandai oleh fluktuasi debit aliran sungai yang tinggi setiap tahun serta meningkatnya laju erosi dan sedimentasi. Akibat yang ditimbulkannya adalah semakin seringnya kejadian banjir dan kekeringan, kurang efisiennya sistem irigasi karena tidak optimalnya distribusi air, penipisan lapisan olah pada lahan pertanian serta terjadinya pendangkalan waduk dan sungai akibat penimbunan bahan material. Apabila masalah ini tidak ditangani segera, maka akan terjadi peningkatan laju penurunan produktivitas DAS dan pendapatan wilayah (Asdak, 2004).

Masalah lain yang sering ditemui pada DAS adalah banjir yang mengakibatkan kerusakan dan penurunan mutu DAS itu sendiri. Banjir dapat terjadi karena curah hujan yang tinggi, intensitas, atau kerusakan akibat penggunaan lahan yang salah.

Salah satu komponen hidrologi yang sangat penting dalam penyelesaian masalah hidrologi suatu DAS adalah debit sungai. Namun dilain pihak, pencatatan debit sungai yang teratur masih sangat kurang. Untuk mengatasi kekurangan data pengukuran ini, maka debit sungai dapat diperkirakan melalui analisis kesetimbangan air dengan menggunakan berbagai model hidrologi yang ada.

Salah satu model pendugaan debit sungai adalah *Watershed Modelling System* yang disingkat dengan WMS. WMS adalah sebuah software permodelan grafis untuk semua fase hidrologi sebuah daerah aliran sungai.

Pada penelitian ini, digunakan model WMS dengan metode *technical releases 55* yang disingkat dengan TR 55 dengan menggunakan data curah hujan saat penelitian (bulan Februari).

Sub-DAS Ta'deang merupakan sumber air irigasi masyarakat disekitarnya. Potensi sumber daya air yang cukup baik memberi manfaat bagi masyarakat namun seringkali meresahkan saat musim hujan tiba karena terjadi banjir.

Berdasarkan uraian tersebut maka perlu melakukan penelitian mengenai pendugaan hidrograf aliran dengan Model *Watershed Modelling System* pada sub DAS Ta'deang di Kabupaten Maros.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pendugaan hidrograf limpasan permukaan dengan menggunakan *Watershed Modelling System* (WMS) metode *Technical Releases 55* (TR 55) dan membandingkannya dengan hasil pengukuran langsung di lapangan (observasi) pada sub-DAS Taddeang serta mengetahui karakteristik hidrograf limpasan permukaan pada 2 titik aliran sungai.

Kegunaan penelitian ini yaitu sebagai bahan acuan dalam memprediksi besarnya debit limpasan permukaan dalam melakukan konservasi untuk mencegah terjadinya kerusakan akibat banjir.

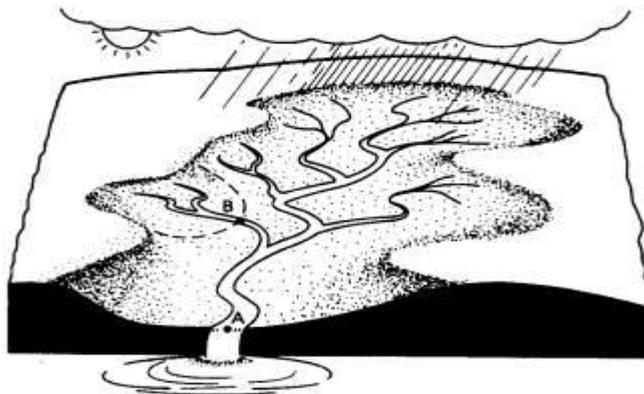
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daerah Aliran Sungai (DAS) dan Karakteristik

Sungai mempunyai fungsi utama menampung curah hujan setelah aliran permukaan dan mengalirkannya sampai ke laut. Oleh karena itu, sungai dapat diartikan sebagai wadah atau penampung dan penyalur aliran air yang terbawa dari DAS ke tempat yang lebih rendah dan bermuara di laut. Selanjutnya dijelaskan bahwa DAS adalah suatu sistem yang merubah curah hujan ke dalam debit di pelepasannya sehingga menjadi sistem yang kompleks (Soewarno, 1995).

Panjang sungai adalah panjang yang diukur sepanjang sungai, dari stasiun yang ditinjau atau muara sungai sampai ujung hulunya. Sungai utama adalah sungai terbesar pada daerah tangkapan dan yang membawa aliran menuju muara sungai. Pengukuran panjang sungai dan panjang DAS adalah penting dalam analisis aliran limpasan dan debit aliran sungai. Panjang DAS adalah panjang maksimum sepanjang sungai utama dari stasiun yang ditinjau (muara) ke titik terjauh dari batas DAS (Triatmodjo, 2010).

DAS adalah suatu area dipermukaan bumi yang didalamnya terdapat sistem pengaliran yang terdiri dari satu sungai utama (*main stream*) dan beberapa anak cabangnya (*tributaries*), yang berfungsi sebagai daerah tangkapan air dan mengalirkan air melalui satu keluaran (*outlet*) (Soewarno, 1995).

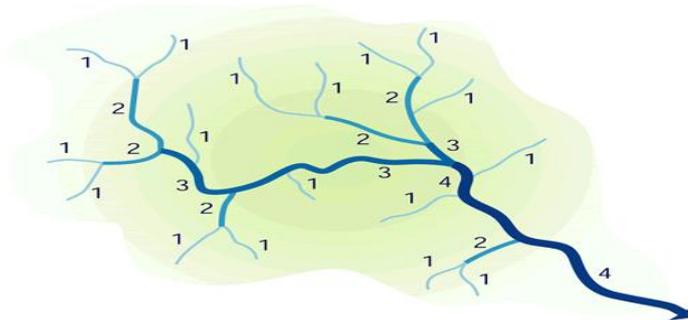


Gambar 1. Daerah Aliran Sungai (*Watersheds/Drainage Basin*)

DAS adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung/pegunungan dimana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan

mengalir menuju sungai utama pada suatu titik/stasiun yang ditinjau (Triatmodjo, 2010).

Jaringan sungai dan anak-anak sungainya mempunyai bentuk seperti percabangan pohon. Parit-parit bergabung membentuk alur yang lebih besar, yang selanjutnya beberapa alur bergabung membentuk anak sungai, dan kemudian beberapa anak sungai tersebut membentuk sungai utama (Triatmodjo, 2010).



Gambar 2. Jaringan Sungai dan Tingkatannya

DAS ada yang kecil dan ada yang sangat luas. DAS yang sangat luas bisa terdiri dari beberapa sub-DAS dan sub-DAS dapat terdiri dari beberapa sub-sub DAS, tergantung banyaknya anak sungai dari cabang sungai yang ada, yang merupakan bagian dari suatu sistem sungai utama. DAS mempunyai karakteristik yang berkaitan erat dengan unsur utamanya, seperti tata guna lahan, topografi, kemiringan dan panjang lereng. Karakteristik DAS tersebut dalam merespon curah hujan yang jatuh di tempat tersebut dapat memberikan pengaruh terhadap besar kecilnya aliran air sungai (Asdak, 2004).

Luas DAS diperkirakan dengan mengukur daerah itu pada peta topografi. Luas DAS sangat berpengaruh terhadap debit sungai. Pada umumnya semakin besar DAS semakin besar jumlah limpasan permukaan sehingga semakin besar pula aliran permukaan atau debit sungai (Triatmodjo, 2010).

Asdak (2004), mengemukakan bahwa beberapa karakteristik DAS yang mempengaruhi debit aliran antara lain yaitu :

- a. Luas DAS. Luas DAS menentukan besarnya daya tampung terhadap masukan hujan. Makin luas DAS makin besar daya tampung, berarti makin besar volume air yang dapat disimpan dan disumbangkan oleh DAS.

- b. Kemiringan lereng DAS. Semakin besar kemiringan lereng suatu DAS semakin cepat laju debit dan akan mempercepat respon DAS terhadap curah hujan.
- c. Bentuk DAS. Bentuk DAS yang memanjang dan sempit cenderung menurunkan laju limpasan daripada DAS yang berbentuk melebar walaupun luas keseluruhan dari dua bentuk DAS tersebut sama.
- d. Jenis tanah. Setiap jenis tanah memiliki kapasitas infiltrasi yang berbeda-beda, sehingga semakin besar kapasitas infiltrasi suatu jenis tanah dengan curah hujan yang singkat maka laju debit akan semakin kecil.
- e. Pengaruh vegetasi. Vegetasi dapat memperlambat jalannya air larian dan memperbesar jumlah air yang tertahan di atas permukaan tanah, dengan demikian akan menurunkan laju debit aliran.

2.2 Debit Aliran

Debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Dalam sistem satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m^3/dt). Dalam laporan-laporan teknis, debit aliran biasanya ditunjukkan dalam bentuk hidrograf aliran (Asdak, 2010).

Menurut Rahayu et al.. (2009), Pengukuran kecepatan aliran dengan metode ini dapat menghasilkan perkiraan kecepatan aliran yang memadai. Prinsip pengukuran metode ini adalah mengukur kecepatan aliran tiap kedalaman pengukuran (d) pada titik interval tertentu dengan "*current meter*" atau "*flow probe*". Langkah pengukurannya adalah sebagai berikut:

1. Pilih lokasi pengukuran pada bagian sungai yang relatif lurus dan tidak banyak pusaran air. Bila sungai relatif lebar, bawah jembatan adalah tempat pengukuran cukup ideal sebagai lokasi pengukuran
2. Bagilah penampang melintang sungai/saluran menjadi 10-20 bagian yang sama dengan interval tertentu
3. Ukur kecepatan aliran pada kedalaman tertentu sesuai dengan kedalaman sungai pada setiap titik interval yang telah dibuat sebelumnya.
4. Hitung kecepatan aliran rata-ratanya

Tabel 1. Penentuan Kedalaman Pengukuran dan Perhitungan Kecepatan Aliran

Kedalaman Sungai(m)	Kedalaman pengukuran	Perhitungan kecepatan rata-rata
0-0.6	0.6 d	$v = v$
0.6-3	0.2 d dan 0.8 d	$v = 0.5 (v_{0.2} + v_{0.8})$
3-6	0.2 d, 0.6 d dan 0.8 d	$v = 0.25 (v_{0.2} + 0.6 + v_{0.8})$
>6	s. 0.2 d, 0.6 d dan 0.8 d dan b	$v = 0.1 (v_s + 3v_{0.2} + 2v_{0.6} + 3v_{0.8} + v_b)$

Sumber : Rahayu, 2010

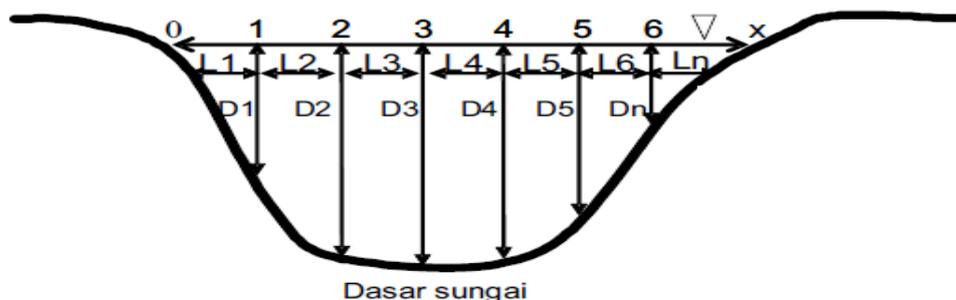
dimana:

d= kedalaman pengukuran;

S = permukaan sungai;

B = dasar sungai;

v = kecepatan (m/detik)



Gambar 3. Pembagian Lebar Sungai dan Kedalamannya

Pengukuran debit dikatakan secara tidak langsung apabila kecepatan alirannya tidak diukur langsung, akan tetapi dihitung berdasarkan rumus hidraulik debit dengan rumus *manning*, *chezy*, serta *Darcy Weisbach*. Salah satu rumusnya yaitu rumus *Manning* dinyatakan dalam bentuk persamaan sebagai berikut :

$$V = \frac{1}{n} x R^{2/3} x S^{1/2} \dots\dots\dots (1)$$

$$Q = A x V \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

Q = debit air (m³/dtk)

A = Luas Penampang (m²)

V = Kecepatan Aliran (m/dtk)

R = Jari-jari hidrolis

S = Slope/kemiringan

n = Koefisien dasar saluran

Pada sungai-sungai yang besar, penggunaan alat ukur yang ditera di laboratorium menjadi tidak praktis, dan pengukuran debit dilakukan dengan suatu alat pengukur kecepatan aliran yang disebut pengukur arus (*current meter*). Suatu hubungan tinggi muka air debit, atau kurva debit (*rating curve*). Kurva debit (*rating curve*) biasa juga disebut lengkung aliran dibuat memplot debit yang diukur terhadap tinggi muka air pada saat pengukuran (Sangsongko, 1985).

2.3 Watershed Modelling System (WMS)

WMS dikembangkan di Laboratorium Komputer Grafis *Brigham Young University*. WMS berbasis *Windows user Interface* yang menyediakan hubungan antara *Geographic Information System (GIS)* dan perangkat lunak standar industri yang kemudian disamakan dengan model hidrologi yang dapat dijalankan dari model WMS. Hubungan antara data spasial dan dataran model hidrologi membawa kemampuan untuk mengembangkan hidrologi data yang biasanya dikumpulkan dengan menggunakan metode manual dalam program WMS. WMS juga menyediakan fungsi penggambaran dataran banjir (Anonim^a, 2010).

WMS Sistem Pemodelan DAS adalah lingkungan pemodelan hidrologi yang komprehensif. WMS menyediakan alat untuk semua fase pemodelan DAS termasuk DAS otomatis dan penggambaran sub-cekungan, perhitungan parameter geometris, perhitungan parameter hidrologi (CN, waktu konsentrasi, kedalaman curah hujan, dan lain-lain) dan visualisasi hasil. Digunakan di ratusan instansi pemerintah dan perusahaan swasta di seluruh dunia, WMS adalah alat yang paling kuat untuk analisis dan visualisasi aliran sungai (Anonim^a, 2012).

WMS memanfaatkan data digital untuk menggambarkan DAS dan batas-batas sub-DAS serta menghitung parameter geometrik yang digunakan dalam model hidrologi. Dalam WMS, sebuah sungai digambarkan melalui *Digital Elevation Model (DEM)* atau *Triangulated Irregular Network (TIN)*. WMS dapat digunakan untuk mensimulasikan berbagai proses hidrologi sungai. WMS mendukung beberapa metode numerik untuk menghitung debit puncak, hidrograf dan kualitas air (Anonim^a, 2010).

Para Pemodelan Sistem Daerah Aliran Sungai (WMS) dikembangkan di Teknik Komputer Grafis Lab (ECGL) bekerjasama

dengan *US Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station* (WES) dan Administrasi Jalan Raya Federal. Fokus dari WMS adalah untuk menyediakan sebuah aplikasi yang mengintegrasikan model medan digital dengan model limpasan standar industri seperti HEC-1, TR-20, TR-55, dan Frekuensi Program Banjir Nasional (NFF) persamaan regresi daerah. WMS dapat digunakan untuk mengembangkan data hidrologi dari TINS atau grid menggunakan banyak teknik khususnya Karakterisasi DAS. Lebih penting data hidrologi dikembangkan di *Arc / INFO*, *ArcView*, atau WMS dapat langsung dihubungkan dengan model hidrologi yang umum digunakan. Selain mampu mengekspor TINS atau grid dikembangkan di *Arc / Info* atau *ArcView* untuk WMS untuk pengembangan lebih lanjut data hidrologi, data vektor yang mewakili aliran dan batas-batas cekungan juga dapat ditularkan antara GIS dan WMS. Hal ini dilakukan melalui tiga *shapefiles* utama: sebuah *shapefile* poligon untuk batas cekungan, sebuah *shapefile line* untuk jaringan sungai, dan *shapefile* titik untuk mengidentifikasi lokasi *outlet*. Serangkaian skrip *Avenue*, dikembangkan oleh ESRI, dapat digunakan dengan ekstensi *Spatial Analyst* untuk secara otomatis menghasilkan tiga *shapefiles*, termasuk populasi bidang atribut dengan parameter hidrologi penting. Sebuah *ArcView* ekstensi tambahan membantu dalam mempersiapkan data vektor untuk impor ke dalam WMS (Anonim^a, 2012).

WMS dapat membantu dalam mempersiapkan, mengedit dan menjalankan model hidrologi umum. WMS memiliki fasilitas untuk penggambaran daerah aliran sungai secara otomatis, perhitungan parameter geometris, perhitungan dengan menggunakan GIS (CN, tinggi hujan, koefisien kekasaran) dan lain-lain. WMS menggunakan topografi, penggunaan/penutupan lahan, data jenis tanah, curah hujan, serta klimatologi. WMS secara otomatis melakukan prosedur penggambaran batas-batas daerah aliran sungai dan menghitung limpasan DAS. WMS dapat juga digunakan untuk menghitung aliran puncak di daerah tertentu (Anonim^a, 2012).

2.4 Technical Releases 55 (TR 55)

Prinsip dasar yang melatar belakangi model TR 55 adalah jika curah hujan dengan intensitas I terjadi secara terus menerus maka laju limpasan langsung akan bertambah sehingga mencapai waktu konsentrasi

(Tc). Tc tercapai jika seluruh bagian DAS telah memberikan distribusi aliran di outlet (Anonim^b, 2012).

TR-55 merupakan program hidrograf banjir yang digunakan oleh banyak insinyur hidrologi untuk memodelkan proses curah hujan. TR 55 telah dibuat sedemikian rupa sehingga model dapat dibangun dengan TIN (*Triangular Irregular Network*) yang digunakan untuk menggambarkan sungai beserta batas-batasnya dan menghitung data geometrik atau secara manual membangun serangkaian outlet dan cekungan untuk membentuk representasi topografi dari daerah aliran sungai. Ketika TIN digunakan, model topografi dibangun secara otomatis. Selanjutnya setiap parameter geometris dihitung oleh WMS yang disediakan ke dalam masukkan TR 55 yang sesuai (Anonim^b, 2012).

Dalam WMS dengan metode TR 55, debit puncak (q_p) dihitung dengan menggunakan persamaan yang telah tersedia dalam *software*. Persamaan tersebut sebagai berikut :

$$Q_p = Q_u A_m Q F_p \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

Q_p = debit puncak (m^3/det)

Q_u = unit debit puncak

A_m = luas DAS (m^2)

Q = limpasan (m)

F_p = faktor penyesuaian kolam dan rawa

2.5 **Rainfall (Curah Hujan)**

Hujan merupakan salah satu bentuk presipitasi uap air yang berasal dari awan yang terdapat di atmosfer, air hujan yang jatuh di permukaan daratan sebagian akan berinfiltrasi ke dalam tanah dan yang sebagiannya lagi akan mengalir di atas permukaan tanah sebagai aliran permukaan atau *run off* (Kartasapoetra, 1990).

Curah hujan adalah turunnya air dari atmosfer ke permukaan bumi dan laut dalam bentuk yang berbeda. Curah hujan adalah faktor utama yang mengendalikan proses daur hidrologi di suatu daerah aliran sungai. Terbentuknya ekologi, geografi dan tata guna lahan di suatu daerah sebagian besar ditentukan oleh daur hidrologi, dengan demikian curah hujan merupakan kendala sekaligus kesempatan dalam usaha pengelolaan sumber daya tanah dan air (Asdak, 2010).

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah/daerah dan dinyatakan dalam mm (Sosrodarsono, 1987).

Besarnya jumlah air yang masuk ke dalam tanah akan menurunkan jumlah air yang bermanfaat bagi manusia ataupun menentukan fluktuasi debit air sungai yang terdapat pada suatu daerah penampungan (Arsyad, 2006).

2.6 **Time Of Concentration (T_c)**

Menurut Suripin (2004), waktu konsentrasi (T_c) adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke tempat keluaran DAS (*outlet*) setelah tanah menjadi jenuh. Dalam hal ini diasumsikan bahwa jika durasi hujan sama dengan waktu konsentrasi, maka setiap bagian DAS secara serentak telah menyumbangkan aliran terhadap *outlet*.

T_c suatu daerah aliran sungai adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh di titik terjauh dari suatu daerah aliran untuk mencapai titik tinjau (*outlet*). Salah satu metode yang secara luas diterima untuk menghitung T_c adalah yang dikembangkan oleh Kirpich (1940):

$$T_c = 0,0195 \times (L^{0,77} \times S^{0,385}) \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

T_c = Waktu konsentrasi (menit)

L = panjang aliran (m)

S = kemiringan lereng (m)

T_c perlu dimasukkan dalam rangka untuk menentukan nilai intensitas yang akan digunakan dalam persamaan Metode TR-55. Nilai ini dapat dimasukkan secara manual atau dihitung dari panjang aliran, dan kemiringan. T_c mempengaruhi bentuk dan puncak limpasan hidrograf. Urbanisasi biasanya menurunkan T_c sehingga meningkatkan debit puncak.

2.7 **Land Use (Penggunaan Lahan)**

Penggunaan lahan berkaitan dengan kegiatan manusia pada suatu objek dan merupakan hasil akhir dari setiap bentuk campur tangan kejadian (intervensi) manusia terhadap lahan di permukaan bumi yang

bersifat dinamis dan berfungsi untuk memenuhi kebutuhan hidup baik material maupun spiritual (Arsyad, 2006).

Perubahan tata guna lahan merupakan penyebab utama banjir bila dibandingkan dengan faktor lain. Perlu pula diketahui bahwa perubahan tata guna lahan memberikan kontribusi dominan kepada aliran permukaan (*runoff*). Hujan yang jatuh ke tanah, airnya akan menjadi aliran permukaan di atas tanah dan sebagian meresap ke dalam tanah tergantung kondisi tanahnya (kodoatie dan sjarief, 2008).

Faktor penutupan lahan vegetasi cukup signifikan dalam pengurangan atau peningkatan aliran permukaan. Hutan yang lebat mempunyai tingkat penutup lahan yang tinggi, sehingga apabila hujan turun ke wilayah hujan tersebut, faktor penutupan lahan ini memperlambat kecepatan aliran permukaan, bahkan bisa terjadi kecepatannya mendekati nol. Ketika suatu kawasan hutan menjadi pemukiman, maka penutupan lahan kawasan ini akan berubah menjadi penutupan lahan yang tidak mempunyai resistensi untuk menahan aliran. Yang terjadi ketika hujan turun, kecepatan air akan meningkat sangat tajam di atas lahan ini. Namun resapan air yang masuk ke dalam tanah relatif tetap kecuali lahannya berubah. Kuantitas totalnya berubah karena tergantung dari luasan penutup lahan (kodoatie dan sjarief, 2008).

Perubahan tata guna lahan pada kawasan konservasi menjadi kawasan terbangun dapat menimbulkan banjir, tanah longsor dan kekeringan. Banjir adalah aliran/genangan air yang menimbulkan kerugian ekonomi atau bahkan menyebabkan kehilangan jiwa (Asdak 2010).

Aliran/genangan air ini dapat terjadi karena adanya luapan-luapan pada daerah di kanan atau kiri sungai akibat alur sungai tidak memiliki kapasitas yang cukup bagi debit aliran yang lewat (Asdak 2010). Hal tersebut terjadi karena pada musim penghujan air hujan yang jatuh pada daerah tangkapan air (*catchments area*) tidak banyak yang dapat meresap ke dalam tanah melainkan lebih banyak melimpas sebagai debit air sungai. Jika debit sungai ini terlalu besar dan melebihi kapasitas tampung sungai, maka akan menyebabkan banjir. Peta Penggunaan Lahan berisi tentang distribusi batas-batas penggunaan lahan seperti hutan, sawah, air, kebun rawa, dll (kodoatie dan sjarief, 2008).

2.8 Soil Type (Jenis Tanah)

Tanah merupakan benda yang tidak homogen, sangat bervariasi baik secara fisik seperti warna, tekstur, struktur maupun secara kimia atau kandungan mineralnya. Sehubungan dengan sifat tanah yang bervariasi, menerangkan bahwa masing-masing jenis tanah mempunyai perbedaan dalam penggunaannya (Suripin, 2004).

Tekanan terhadap tanah menimbulkan berbagai bentuk degradasi termasuk didalamnya adalah erosi, penurunan kesuburan tanah dan kerusakan sumberdaya air. Keadaan tanah terbuka dapat terhantam oleh curah hujan sehingga menyebabkan tanah menjadi lemah. Percikan air hujan merupakan media utama pelepasan partikel tunggal tanah dari massa tanah, saat butiran air hujan mengenai permukaan tanah yang gundul atau tanpa vegetasi, partikel tanah dapat langsung terlepas dan terlempar ke segala arah, untuk lahan yang berlereng akan terjadi dominasi kesatu arah yaitu ke arah yang lebih landai di bawahnya, pelepasan butir-butir tanah tentunya akan menyumbat pori-pori tanah sehingga akan menurunkan kapasitas dan laju infiltrasi. Bersamaan dengan hal tersebut dimana kondisi intensitas hujan telah melebihi laju infiltrasi tentu akan terjadi genangan air di permukaan tanah yang kemudian menjadi *runoff*, aliran permukaan ini menyediakan energi untuk mengangkut partikel yang terlepas, saat energi dan atau *runoff* menurun maka partikel tanah akan terendapkan pada lahan tersebut jika terdapat pada daerah yang subur maka akan menurunkan kesuburan tanah di bawahnya karena tertimbun oleh endapan baru dan jika jumlah debit aliran besar tentu menjadi malapetaka berupa banjir yang dapat merusak (Irianto, 2006).

Soil Conservation Service (SCS) telah mengembangkan suatu sistem klasifikasi tanah yang mengelompokkan tanah ke dalam empat kelompok yang ditandai dengan huruf A, B, C, dan D. sifat-sifat tanah yang bertalian dengan keempat kelompok tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Laju infiltrasi tanah berdasarkan kelas tekstur tanah

Grup Tanah	Laju Infiltrasi	Tekstur
A	8 – 12	Pasir, pasir berlempung dan lempung berpasir
B	4 – 8	Lempung berdebu, lempung
C	1 – 4	Lempung pasir berliat
D	0 – 1	Lempung berliat, lempung debu berliat, liat berpasir, liat berdebu, liat

Sumber : U.S. SCS, 1972

2.9 Curve Number (CN)

Salah satu dasar dalam konsep pengembangan model hidrologi di DAS yaitu metode *runoff Curve Number (CN)* atau bilangan kurva aliran permukaan menurut metode SCS (Pakasi, 2006).

Model prediksi dengan metode SCS sifatnya sederhana, akurat dan menggunakan data hujan dan karakteristik DAS yang mudah didapat. Untuk memprediksi limpasan, metode SCS dapat di gunakan untuk DAS kecil sampai besar, yakni luasan 25.000 ha sampai dengan 259.000 ha (Pakasi, 2006).

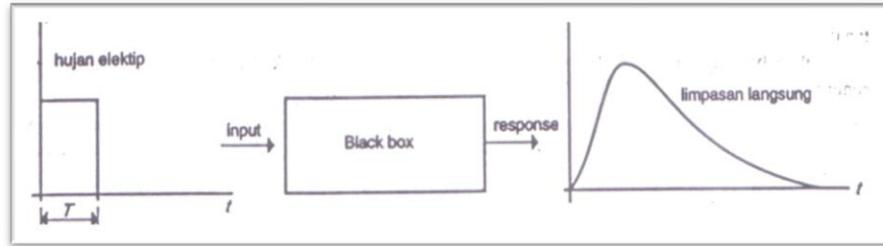
Nomor kurva SCS digunakan secara luas dan efisien untuk menentukan jumlah limpasan dari curah hujan di daerah tertentu. Analisis limpasan dalam TR 55 pada WMS didasarkan pada metode SCS dengan menggunakan peta penggunaan lahan dan jenis tanah, yang kemudian diterjemahkan dalam indeks CN (U.S. SCS, 1972).

2.10 Hidrograf satuan

Hasil runoff dari DAS di suatu tempat biasanya disajikan dalam bentuk tabel maupun grafik. Grafik yang menggambarkan fenomena aliran (tinggi muka air, debit, kecepatan dan lain-lain) dan waktunya disebut hidrograf (Hydrograph).

Hidrograf satuan suatu *watershed* adalah suatu limpasan langsung yang diakibatkan oleh suatu satuan volume hujan efektif, yang terbagi rata dalam waktu dan ruang. Hidrograf satuan atau *unit hydrograph* memberikan distribusi waktu pada limpasan yang keluar dari watershed, dengan tinggi (d) tertentu (Soemarto, 1986).

Teori klasik hidrograf satuan (unit hydrograph) yang pertama kali diperkenalkan oleh L.K Sherman, berasal dari hubungan antara hujan efektif dengan limpasan langsung. Hubungan tersebut merupakan salah satu komponen model watershed yang umum. Teori hidrograf satuan merupakan penerapan pertama teori sistem linear dalam hidrologi. Watershednya dipandang sebagai black box dan sistemnya ditandai oleh tanggapan (response) Q terhadap input tertentu (Agus et al., 2011).



Gambar 4. Hubungan hujan efektif dengan Limpasan

Inputnya berupa merata, yaitu hujan dengan intensitas konstan sebesar i dan durasi T yang terbagi rata di atas watershed. Jadi yang dimaksud hidrograf satuan suatu watershed adalah suatu limpasan langsung yang diakibatkan oleh suatu satuan volume hujan efektif, yang terbagi rata dalam waktu dan ruang (Agus et al., 2011).

Hidrograf satuan menunjukkan bagaimana hujan efektif tersebut ditransformasikan menjadi limpasan langsung di pelepasan (*outlet*) watershed. Transformasi itu disertai anggapan berlakunya proses linear. Hidrograf satuan mempunyai sifat khusus untuk suatu watershed, yang menunjukkan adanya efek terpadu sifat dan bentuk permukaan watershed terhadap penelusuran (*routing*) hujan lewat daerah tangkapannya (Agus et al., 2011).

Prinsip hidrograf satuan dapat diterapkan untuk (Agus et al., 2011):

1. Memperkirakan banjir perencanaan (*design flood*).
2. Mengisi data banjir yang hilang
3. Memperkirakan banjir jangka pendek yang didasarkan atas curah hujan yang tercatat (*recorded rainfall*).

Tujuan hidrograf satuan adalah mencari hubungan antara limpasan permukaan dan hujan sebagai penyebabnya (walaupun sudah jelas terlihat bahwa kualitas dan intensitas hujan mempunyai pengaruh langsung terhadap hidrograf, maka dengan hidrograf satuan dapat dijelaskan bagaimana hubungannya, berapa besar pengaruh hujan efektif terhadap limpasan permukaan).

Untuk mendapatkan hidrograf satuan dari suatu watershed tertentu diperlukan adanya pencatatan-pencatatan debit, sekurang-kurangnya termasuk pula pencatatan banjir-banjir sedang (Soemarto, 1986).

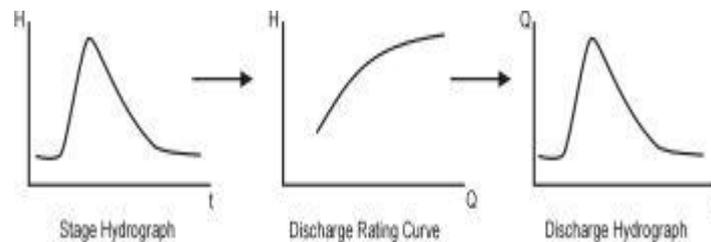
Hidrograf adalah grafik yang menggambarkan hubungan antara unsur-unsur aliran (tinggi dan debit) dengan waktu (*stage hydrograph*, *discharge hydrograph*). Hidrograf merupakan responsi dari hujan yang

terjadi. Kurva ini memberikan gambaran mengenai berbagai kondisi yang ada di suatu daerah pada waktu yang bersamaan. Apabila karakteristik daerah itu berubah-ubah, maka bentuk hidrograf juga akan berubah. Teori hidrograf ini merupakan penerapan pertama dari sistem linier dalam hidrologi (Soemarto, 1986).

Umumnya ada dua macam hidrograf yaitu :

- Hidrograf Tinggi Muka Air (*stage hydrograph*)
- Hidrograf Aliran (*discharge hydrograph*)

Hidrograf tinggi muka air dihasilkan dari rekaman alat yang disebut *Automatic Water Level Recorder (AWLR)* yang dipasang pada stasiun pengukur aliran sungai (SPAS). Sedangkan hidrograf aliran diturunkan dari hidrograf tinggi muka air dengan menggunakan "*Stage discharge Rating Curve*". Yang dibuat khusus untuk SPAS yang bersangkutan.



Gambar 5. Tahapan pembuatan hidrograf aliran

Biasanya air itu dapat mencapai sungai melalui tiga jalan, yaitu :

1. Curah hujan disaluran

Adalah curah hujan yang jatuh langsung pada sungai utama dan anak sungai yang umumnya termasuk dalam limpasan permukaan dan tidak dipisahkan sebagai komponen hidrograf

2. Limpasan permukaan

Yaitu aliran air yang mencapai sungai dengan tanpa melalui permukaan air tanah. Disini curah hujan berkurang oleh sebagian dari besarnya infiltrasi, serta besarnya air yang tertahan dan juga dalam genangan.

3. Aliran air tanah

Adalah air yang menginfiltrasi kedalam tanah, mencapai permukaan tanah dan menuju sungai dalam beberapa hari atau lebih.

Menurut definisi hidrograf satuan sintesis adalah hidrograf limpasan langsung (tanpa aliran dasar) yang tercatat di ujung hilir DAS yang ditimbulkan oleh hujan efektif sebesar satu satuan (1 mm, 1 cm, atau 1 inchi) yang terjadi secara merata di seluruh DAS dengan intensitas tetap

dalam suatu satuan waktu (misal 1 jam) tertentu (Subramanya, 1984; Ramírez, 2000, Triatmojo, 2008). Beberapa asumsi dalam penggunaan hidrograf satuan adalah sebagai berikut (Natakusumah et al., 2011).

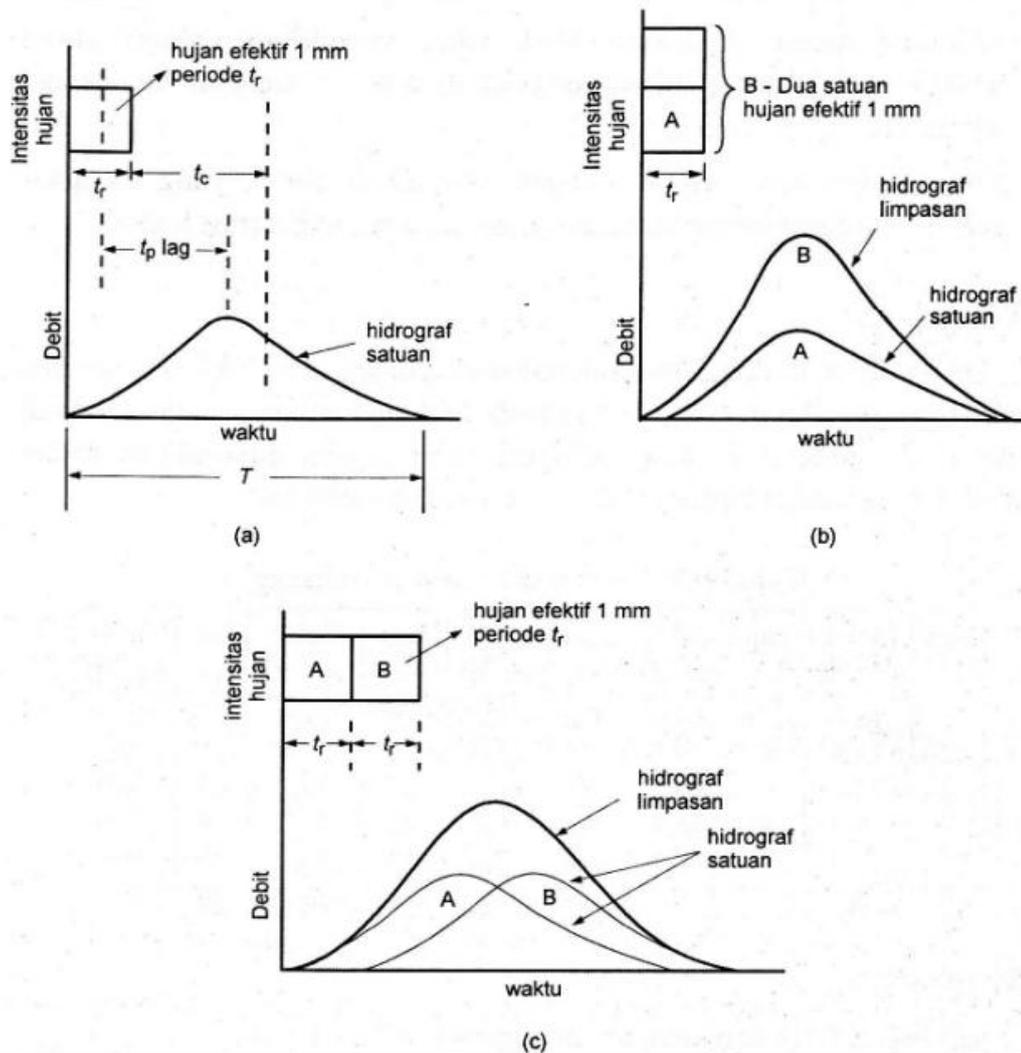
1. Hujan efektif mempunyai intensitas konstan selama durasi hujan efektif. Untuk memenuhi anggapan ini maka hujan deras untuk analisis adalah hujan dengan durasi singkat.
2. Hujan efektif terdistribusi secara merata pada seluruh DAS. Dengan anggapan ini maka hidrograf satuan tidak berlaku untuk DAS yang sangat luas, karena sulit untuk mendapatkan hujan merata di seluruh DAS.

Perjalanan air di dalam DAS dapat diasumsikan sebagai limpasan total (*total runoff*), yang terdiri dari limpasan langsung (*direct runoff*) dan aliran dasar (*base flow*). Limpasan langsung sendiri terdiri dari aliran permukaan (*surface runoff*) dan aliran bawah permukaan yang mengalir langsung (*prompt sub surface flow*) serta hujan yang jatuh langsung di permukaan sungai (*channel precipitation*). Sedangkan aliran dasar terdiri dari aliran bumi (*ground water flow*) yang masuk melalui perkolasi dan aliran bawah tanah permukaan terkemudian (*delayed sub surface flow*) yang tidak masuk ke saluran, tetapi bergabung dengan air perkolasi dan memperbesar aliran dasar. Aliran dasar dan limpasan langsung akhirnya bersatu menjadi satu menuju ke sungai.

Prinsip penting dalam penggunaan hidrograf satu dapat sebagai berikut (Natakusumah et al., 2011):

- a. Lumped response: Hidrograf menggambarkan semua kombinasi dari karakteristik fisik DAS yang meliputi (bentuk, ukuran, kemiringan, sifat tanah) dan karakteristik hujan.
- b. Time Invariant: Hidrograf yang dihasilkan oleh hujan dengan durasi dan pola yang serupa memberikan bentuk dan waktu dasar yang serupa pula.
- c. Linear Response: Respons limpasan langsung dipermukaan (*direct runoff*) terhadap hujan efektif bersifat linear, sehingga dapat dilakukan superposisi hidrograf.

Karakteristik bentuk hidrograf yang merupakan dasar dari konsep hidrograf satuan ditunjukkan pada gambar dibawah ini (Natakusumah et al., 2011):



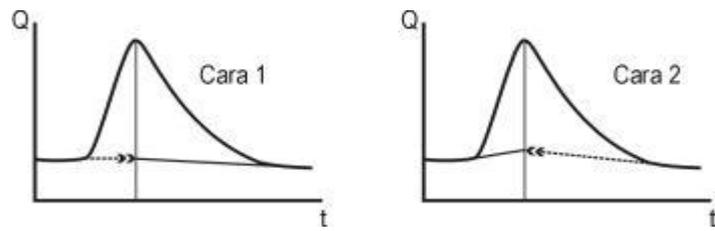
Gambar 6. Prinsip hidrograf satuan

Untuk menentukan besarnya banjir di dalam sungai, perlu diketahui besarnya aliran langsung (*direct runoff*) yang disebabkan oleh hujan. Hidrograf tersebut dipisah menjadi dua bagian, yaitu :

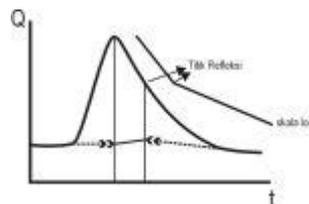
1. Aliran langsung (*direct runoff*) atau aliran hujan yaitu aliran permukaan sungai (*channel precipitation*), dan aliran bawah tanah (*interflow*).
2. Aliran airtanah atau aliran dasar (*base flow*)

Ada beberapa cara yang dapat digunakan antara lain *straight line method*, *fixed base length method*, dan *variable slope method*.

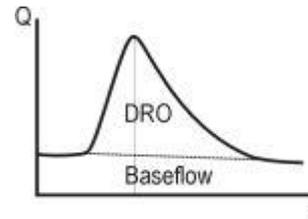
1. Fixed Base Length method



2. Variable slope method



3. Straight line method

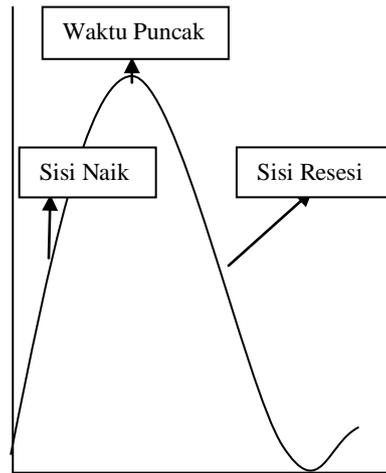


Gambar 7. Metode Pemisahan Aliran

Hidrograf terdiri dari tiga bagian yaitu sisi naik, puncak dan sisi resensi. Hidrograf ditunjukkan dengan sifat-sifat pokok yaitu waktu naik yaitu hidrograf yang diukur pada saat mulai naik sampai terjadinya debit puncak. Debit puncak adalah debit maksimum yang terjadi dalam suatu kasus tertentu dan sisi resensi adalah waktu yang diukur dari saat hidrograf naik sampai waktu debit kembali pada suatu besaran yang di tetapkan (Soemarto, 1986).

Waktu nol (*zero time*) menunjukkan awal hidrograf. Puncak hidrograf adalah bagian dari hidrograf yang menggambarkan debit maksimum. Waktu capai puncak (*time to peak*) adalah waktu yang diukur dari waktu nol sampai waktu terjadinya debit puncak. Sisi naik (*rising limb*) adalah bagian dari hidrograf antara waktu nol dan waktu capai puncak. Sisi turun (*recession limb*) adalah bagian hidrograf yang menurun antara waktu puncak dan waktu dasar. Waktu dasar (*time base*) adalah waktu yang diukur dari nol sampai waktu dimana sisi turun berakhir. Akhir dari sisi turun ini ditentukan dengan perkiraan. Volume hidrograf diperoleh dengan mengintegalkan debit aliran dari waktu nol sampai waktu dasar (Triadmodjo B. 2010).

Sosrodarsono (1987) menyebutkan bahwa hidrograf memberikan gambaran mengenai berbagai kondisi (karakteristik) yang ada di DAS secara bersama-sama, sehingga apabila karakteristik DAS berubah maka akan menyebabkan perubahan bentuk hidrograf.



Gambar 8. Bagian-bagian Komponen Hidrograf

Dua faktor utama untuk menentukan bentuk hidrograf adalah karakteristik DAS dan iklim. Unsur iklim yang perlu diketahui adalah jumlah curah hujan total, intensitas hujan (cm/jam), lama waktu hujan (jam, hari atau minggu), penyebaran hujan, dan suhu (Asdak, 2010).

Besarnya frekuensi banjir (hidrograf banjir) pada suatu kawasan dikendalikan oleh faktor-faktor penyebab seperti curah hujan, lama hujan, frekuensi terjadinya hujan angin dan luas daerah aliran sungai dan faktor lingkungan (sri, 1993).

2.11 Analisis Regresi dan Korelasi

Analisis statistika yang sering dimanfaatkan untuk melihat hubungan antara dua variable atau lebih variable yang saling berkorelasi dalam suatu DAS adalah analisis regresi. Seorang ahli hidrologi hutan akan tertarik untuk mempelajari hubungan besarnya curah hujan dan air larian atau erosi percikan yang berlangsung di salah satu daerah tangkapan air (Asdak. 2010).

Ada beberapa cara untuk menentukan seberapa jauh model matematis regresi sederhana mampu menjabarkan data yang ada. Sesuai atau tidaknya model matematis tersebut dengan data yang digunakan dapat ditunjukkan dengan mengetahui besarnya nilai R^2 atau juga disebut sebagai koefisien determinasi (*Coefficient of determination*). Koefisien determinasi dalam statistika dapat diinterpretasikan sebagai proporsi dari variasi yang ada dalam nilai y dan dijelaskan oleh model persamaan regresi. Dengan kata lain, koefisien determinasi menunjukkan seberapa jauh kesalahan dalam memperkirakan besarnya y dapat direduksi dengan menggunakan informasi yang dimiliki variable x . Model persamaan regresi

dianggap sempurna apabila nilai $R^2 = 1$. Sebaliknya, apabila variasi yang ada pada nilai y tidak ada yang bisa dijelaskan oleh model persamaan regresi yang diajukan, maka nilai $R^2 = 0$. Dengan demikian, model persamaan regresi dikatakan semakin baik apabila besarnya R^2 mendekati 1 (Asdak. 2010).

$$R^2 = \frac{[\sum(x_i y_i) - \{(\sum x_i)(\sum y_i)\} / n]^2}{[\sum x_i^2 - \{(\sum x_i)^2\} / n] [\sum y_i^2 - \{(\sum y_i)^2\} / n]} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana :

R^2 = koefisien determinasi

n = jumlah data

x_i, y_i = data pengamatan lapangan

Analisis korelasi adalah bentuk analisis (statistika) yang menunjukkan kuatnya hubungan antara dua variable, misalnya fluktuasi debit dan curah hujan atau tataguna lahan. Kedua variable ini mempunyai hubungan sebab-akibat. Koefisien korelasi adalah ukuran kuantitatif untuk menunjukkan "kuat"nya hubungan antara variable tersebut diatas. Kenyataan bahwa fluktuasi debit aliran berkorelasi dengan presipitasi atau tataguna lahan tidak selalu mempunyai implikasi bahwa setiap perubahan pola presipitasi atau tataguna lahan akan selalu mengakibatkan terjadinya perubahan debit aliran (Asdak, 2010).

III. METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2012 sampai dengan bulan Februari 2013 di Sub-DAS Ta'Deang, Kecamatan Simbang, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan.

4.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah seperangkat komputer dengan program *Arcview/ArcGIS*, *Microsoft Excel*, *Software Watershed Modelling System (WMS)*, gelas ukur, ember, *current meter*, *Global Positioning System (GPS)*, tali, rol meter, papan ukur, senter dan bak ukur.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah data *Digital Elevation Model (DEM)* dalam bentuk *Triangulated Irregular Network (TIN)*, peta administrasi DAS, peta penggunaan lahan, peta jenis tanah dan data curah hujan bulan february 2012.

4.3 Metode Penelitian

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu dengan melakukan pengumpulan data, pengolahan data, dan pengukuran langsung.

4.4 Analisis Data

Dalam menganalisis data, dilakukan dengan dua cara yakni analisis data hasil pengukuran dengan menggunakan *Microsoft Office Excel* dan Analisis data dengan menggunakan software Hidrologi *Watershed Modelling System (WMS)* dengan metode *Technical Releases 55 (TR 55)*.

Analisis data dengan menggunakan *Microsoft Office Excel* dilakukan dengan menggunakan persamaan-persamaan yang dibutuhkan kemudian memasukkan data-data kedalam persamaan-persamaan tersebut. Begitupula dengan analisis data menggunakan software Hidrologi WMS dengan metode TR 55, hanya saja, persamaan-persamaan yang digunakan telah disediakan dalam model. Data-data yang dibutuhkan dalam persamaan tersebut dimasukkan untuk diolah oleh model kemudian dihasilkan suatu hidrograf banjir.

4.5 Prosedur Penelitian

4.5.1 Pengambilan Data

Penelitian ini dilakukan pada 2 titik aliran sungai yakni titik 1 dengan koordinat $119^{\circ}40.465'$ – $119^{\circ}42.552'$ BT dan $5^{\circ}01.724'$ – $5^{\circ}02.578'$ LS masing-masing ada tiga jenis pengukuran diantaranya kecepatan aliran, tinggi muka air dan curah hujan.

Pengukuran pertama yang dilakukan adalah pengukuran kecepatan aliran. Pengukuran ini dilakukan dengan mengukur lebar sungai dan membagi menjadi 4 bagian kemudian membentangkan tali di atas sungai yang sudah diberi tanda untuk 4 bagian tadi. Mencatat hasil pengukuran di setiap bagian tersebut. Pengukuran ini dilakukan hingga 5 kali.

Pengukuran kedua adalah tinggi muka air. pengukuran ini dilakukan dengan memasang alat ukur di tengah sungai kemudian mencatat hasil pengukuran tersebut setiap 30 menit sampai membentuk 3 hidrograf.

Pengukuran ketiga adalah curah hujan harian saat penelitian dengan cara memasang alat di tempat terbuka dimana tidak ada pepohonan yang menghalangi air masuk ke dalam penampungan air serta di daratan yang datar.

Setelah melakukan ketiga pengukuran, maka hasil pengukuran tersebut diolah sehingga membentuk hidrograf aliran sungai yang akan dibandingkan dengan hasil hidrograf dengan menggunakan model WMS dengan metode TR 55.

4.5.2 Pengolahan Data

Data kecepatan aliran diolah dengan menggunakan persamaan 1 dan 2 sehingga menjadi data debit kemudian dibuatkan grafik hubungan antara data debit (Q) dan data tinggi muka air (h) yang disebut *rating curve*.

Persamaan yang dihasilkan dari *rating curve* tersebut digunakan untuk mengolah tinggi muka air menjadi debit, kemudian dibuatkan grafik hubungan antara debit (Q) dengan waktu (t) yang biasa disebut hidrograf aliran.

Setelah itu dilakukan metode pemisahan antara aliran langsung dengan aliran dasar dari grafik hubungan debit dengan waktu. pada penelitian ini menggunakan cara "*straight line method*", karena alasan kesederhanaan dan ketelitian yang diperoleh tidak terlalu berpengaruh pada keseluruhan analisis. Cara *straight line method* ini paling sederhana, yaitu dengan menarik garis lurus yang menghubungkan titik awal hidrograf dengan titik akhir hidrograf.

4.6 Watershed Modelling System (WMS)

4.6.1 Pengumpulan Data

Data DEM (*Digital Elevation Map*), peta administrasi, peta penggunaan lahan, dan peta jenis tanah Sub-DAS Taddeang diperoleh dari Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Jeneberang-Walanae (BP-DAS Jeneberang-Walanae) Dinas Kehutanan Provinsi Sulawesi Selatan.

4.6.2 Deliniasi DAS

Prosedur dalam mendeliniasi DAS di dalam WMS adalah sebagai berikut :

1. Buka WMS.
2. Buka file DEM Maros
3. Klik *Drainage Module*
4. Klik *DEM* pilih *Compute TOPAZ Flow Data*
5. Pilih *OK*
6. Pilih *meter* dan *hectar*
7. Pilih *OK*
8. Tunggu *Abort* berubah jadi *Close*
9. Klik *Map Module*
10. Klik kanan *Map Data* pada data tree
11. Pilih *New Coverage*
12. Pilih *Drainage*
13. Klik *Drainage Module*
14. Pilih *Create Outlet Point*
15. Masukkan titik outlet
16. Klik *DEM* Pilih *DEM-Stream Arc*, Checklist semua
17. Pilih *OK*
18. Klik *DEM* pilih *Out Define Basins*

19. Klik *DEM* pilih *Basins-Poligon*
20. Klik *DEM* pilih *Compute Basins Data*
21. Klik *Terrain Data Module*
22. Klik *DEM* pilih *Trim* kemudian *Poligon*
23. Pilih *Enter A Poligon Interactively*
24. Klik ganda pada titik Outlet
25. Save As dalam Format *Shp*

4.6.3 Menghitung Debit Puncak

Debit puncak dalam WMS dengan metode TR 55 dihitung dengan menggunakan persamaan 3. Prosedur dalam penggunaan WMS adalah sebagai berikut:

1. Membuka WMS.
2. Membuka data DEM Sub-DAS Taddeang pada WMS.
3. Memilih *Drainage Module*, kemudian menjalankan TOPAZ untuk melihat alur aliran sungai
4. Menentukan Outlet pada DAS, kemudian memilih *Delianate Basins Wizard* untuk penggambaran DAS
5. Mengkonversi data DEM ke TIN
6. Menentukan Outlet pada TIN
7. Mendefinisikan arah aliran
8. Memasukkan data time computation
9. Menentukan titik terjauh dari DAS
10. Menentukan persamaan pada *time computation arc*
11. Masukan data-data yang dibutuhkan setiap rumus (*sheet flow, shallow concentrated flow, dan open channel flow*)
12. Menghitung *time concentration* pada simulasi TR 55 dengan menggunakan *kirpich method*
13. Menghitung *travel time* antar outlet dengan menggunakan *time concentration*
14. menghitung *Curve Number*
15. masukkan peta penggunaan lahan dan peta jenis tanah
16. masukkan data puncak Q
17. pilih TR 55 kemudian *Compute Hydrograph(s)* lalu pilih *done*
18. pilihlah *hydrograph* kemudian klik ganda pada ikon *hydrograph*

4.7 Analisis Data Berpasangan

Untuk menguji keabsahan model, dilakukan dengan analisis statistik yakni analisis regresi linear dan kesalahan relatif dari debit ukur dan debit hitung dengan persamaan sebagai berikut:

- Regresi linear

$$Q_{uk} = Q_{ht} \quad \text{maka} \quad R^2 = 1$$

$$Q_{uk} = aQ_{ht} \quad \text{maka} \quad R^2 < 1$$

- Kesalahan relatif

$$E_{rel} = \left| \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_{ht} - Q_{uk}}{Q_{uk}} \right) \right| \dots\dots\dots (6)$$

Dimana:

$$Q_{uk} = \text{Debit ukur (m}^3/\text{s)}$$

$$Q_{ht} = \text{Debit hitung (m}^3/\text{s)}$$

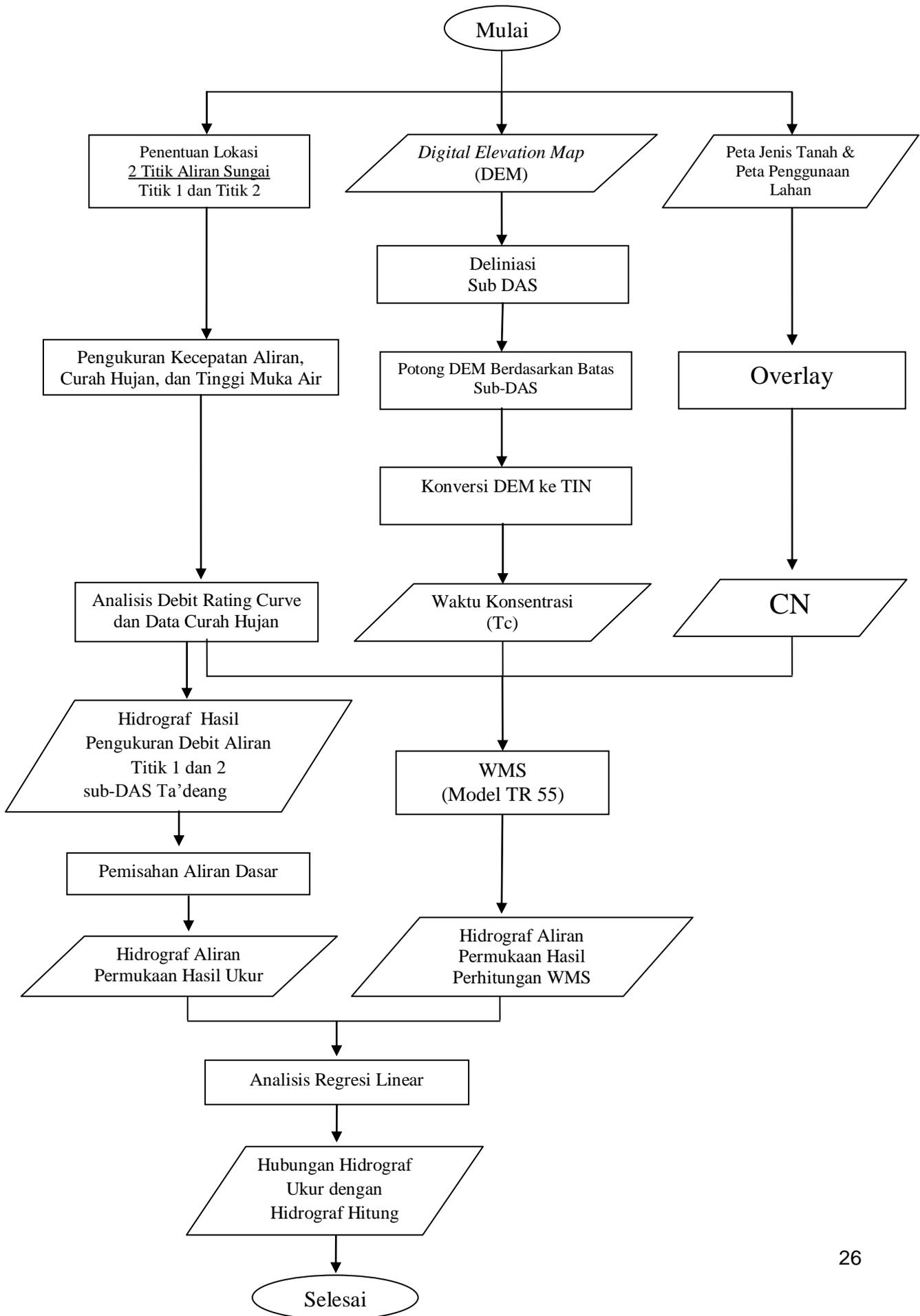
$$A = \text{koefisien}$$

$$E_{rel} = \text{kesalahan relatif}$$

4.8 Kategori Debit dan Panjang Hidrograf

Berdasarkan hasil diskusi dengan masyarakat setempat, ada tiga kategori debit yaitu debit rendah, debit sedang, dan debit tinggi. Sedangkan panjang hidrograf merupakan waktu yang digunakan mulai saat debit naik dari aliran dasar sampai debit turun ke aliran dasar.

4.9 Diagram Alir Penelitian



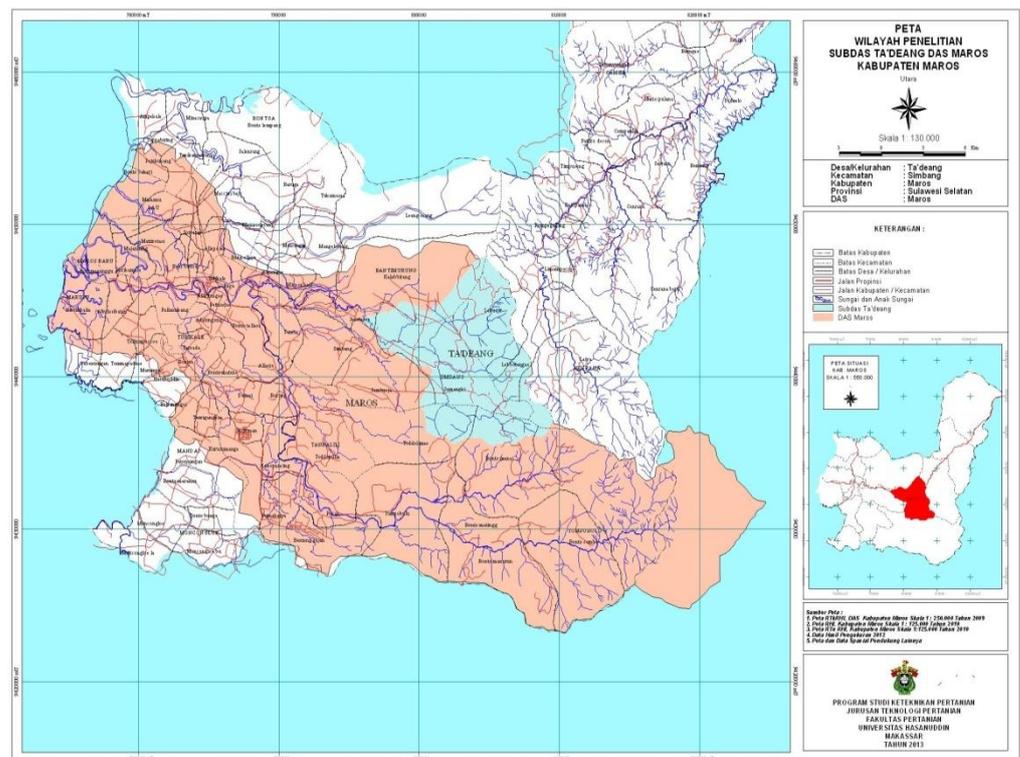
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Keadaan Umum Lokasi

4.1.1 Letak dan Luas

Sub-DAS Ta'Deang merupakan salah satu bagian dari DAS Maros yang terletak di Kabupaten Maros Propinsi Sulawesi Selatan. Wilayah Sub-DAS Ta'Deang meliputi Empat kecamatan yaitu kecamatan Bantimurung, kecamatan Simbang, kecamatan Cenrana, dan kecamatan Tompobulu.

Secara geografis wilayah Sub-DAS Ta'deang terletak antara $119^{\circ}40.465'$ – $119^{\circ}42.552'$ BT dan $5^{\circ}01.724'$ – $5^{\circ}02.578'$ LS, yang mempunyai luas 8.664,057 ha.



Gambar 9. Wilayah Penelitian di DAS Maros Kabupaten Maros

4.1.2 Jenis Tanah

Jenis tanah pada daerah penelitian terdiri atas tiga jenis tanah yaitu Mediteran, Litosol, dan Aluvial. Jenis tanah yang mendominasi di Sub-DAS Ta'deang adalah jenis Litosol dengan luas 4.963,931 ha atau 57,29391% dari luas Sub-DAS. Penyebaran jenis tanah pada Sub-DAS Ta'Deang disajikan pada tabel berikut :

Tabel 3. Jenis Tanah di Sub-DAS Ta'Deang

Jenis Tanah	Luas (ha)	Luas (%)
Mediteran	2.101,240	24,253
Litosol	4.963,931	57,294
Aluvial	1.598,806	18,453
Total	8.664,977	100,000

Sumber: Peta Jenis tanah Sub-DAS Ta'Deang Tahun 2012 (BPDAS Jeneberang-Walanae Dinas Kehutanan Provinsi Sulawesi Selatan).

4.1.3 Penggunaan Lahan

Faktor penutupan lahan vegetasi cukup signifikan dalam pengurangan atau peningkatan aliran permukaan. Hutan yang lebat mempunyai tingkat penutup lahan yang tinggi, sehingga apabila hujan turun ke wilayah hujan tersebut, faktor penutupan lahan ini memperlambat kecepatan aliran permukaan, bahkan bisa terjadi kecepatannya mendekati nol.

Penggunaan lahan yang mendominasi Sub-DAS Ta'deang adalah areal hutan yang memiliki luas sebesar 6.475,103 ha atau sekitar 74,8% dari luas total sebesar 8.664,057 ha. Persentase terkecil adalah sawah dengan luas 96,463 ha atau 1,1%. penggunaan lahan pada Sub-DAS Ta'Deang disajikan pada Tabel 4 berikut:

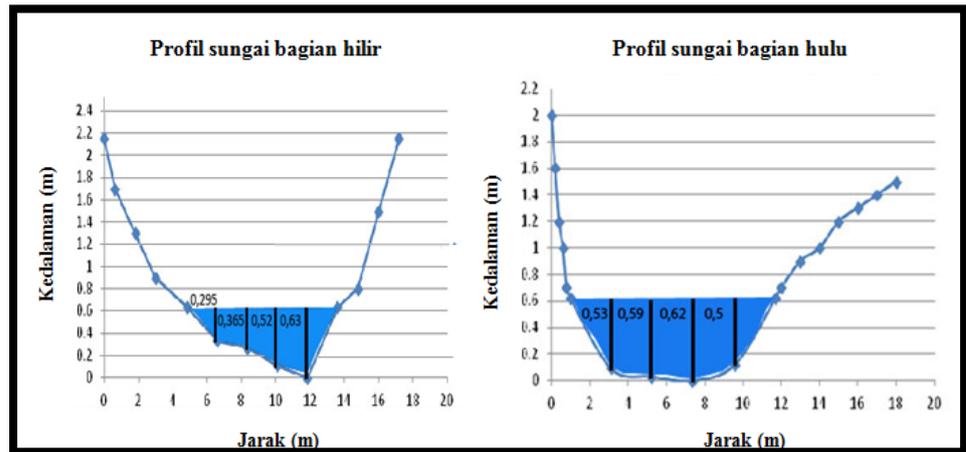
Tabel 4. Penggunaan Lahan di Sub-DAS Ta'Deang

Penggunaan Lahan	Luas (ha)	Luas (%)
Hutan	6.475,103	74,8
Pemukiman	100,250	1,2
Kebun Campuran	101,324	11,5
Sawah	96,463	1,1
Semak	833,984	9,6
Tegalan	156,933	1,8
Total	8.664,057	100

Sumber : Peta Penggunaan Lahan Sub DAS Ta'Deang Tahun 2012 (BP DAS Jeneberang-Walanae Dinas Kehutanan Propinsi Sulawesi Selatan)

4.1.4 Profil Sungai

Tingkatan sungai pada daerah penelitian bagian hulu dan hilir berada pada tingkatan sungai orde 3. Berdasarkan hasil pengukuran, lebar sungai pada bagian hulu yaitu 1.060 cm sedangkan pada bagian hilir sungai memiliki lebar yaitu 875 cm. Gambar dibawah ini merupakan profil masing-masing sungai sebagai berikut:



Gambar 10. Profil Sungai Titik 1 dan Titik 2 sub DAS Ta'Deang

4.2 Parameter Sub-DAS

Parameter masukan model WMS metode TR-55 adalah parameter Sub-DAS yang terdiri dari luas, CN (*Curve Number*) dan waktu konsentrasi. Nilai CN didasarkan pada penggunaan lahan dan kelompok hidrologi lahan. Kelompok hidrologi lahan ditentukan berdasarkan pada tekstur tanah. Berikut disajikan penggunaan lahan, kelompok hidrologi lahan dan nilai CN pada Sub-DAS Ta'Deang.

Tabel 5. Penggunaan Lahan, Kelompok Hidrologi Lahan, dan CN Sub-DAS Taddeang

No	Penggunaan Lahan	Luas (ha)	Kelompok Hidrologi Lahan	CN
1	Hutan	6.475,103	D	79
2	Kebun Campuran	100,250	D	82
3	Pemukiman	101,324	D	94
4	Sawah	96,463	D	82
5	Semak	833,984	D	70
6	Tegalan/Ladang	156,933	D	89

Sumber : Data Sekunder Setelah Diolah, 2012

Penggunaan lahan dan kelompok hidrologi lahan yang berpotensi menyebabkan aliran permukaan besar mempunyai nilai CN yang besar. Berdasarkan Tabel 5, penggunaan lahan pemukiman dengan kelompok hidrologi lahan D mempunyai nilai CN yang terbesar. Tanah pada kelompok hidrologi D didominasi oleh lempung dan liat sehingga potensi laju infiltrasi kecil. Begitu pula sebaliknya, penggunaan lahan dan kelompok hidrologi lahan yang mempunyai potensi menimbulkan aliran permukaan lebih kecil akan mempunyai nilai CN yang lebih kecil. Adapun

penggunaan lahan tersebut adalah Hutan dan Semak dengan kelompok hidrologi lahan D.

Tc perlu dimasukkan dalam rangka untuk menentukan nilai intensitas yang akan digunakan dalam persamaan Metode TR-55. Nilai ini dapat dimasukkan secara manual atau dihitung dari panjang aliran, dan kemiringan. Tc mempengaruhi bentuk dan puncak limpasan hidrograf. Urbanisasi biasanya menurunkan Tc sehingga meningkatkan debit puncak. Nilai Tc adalah 0,008 diperoleh dari Persamaan 4.

4.3 Debit Ukur

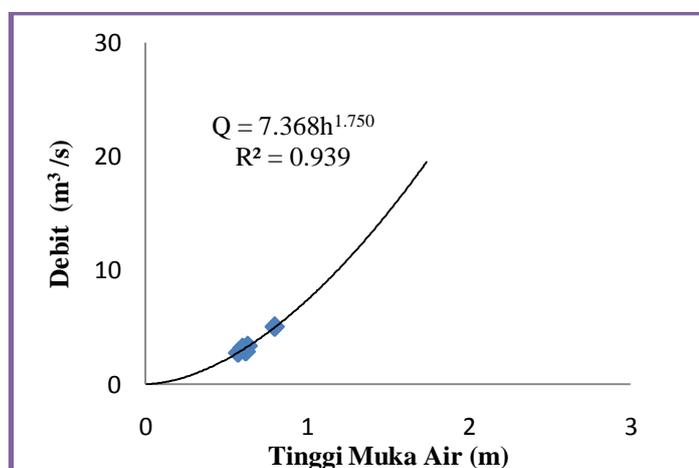
Hasil perhitungan debit berdasarkan pengukuran kecepatan aliran pada titik 1 dan titik 2 dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 6. Tinggi Muka Air dan Debit Sub-DAS Ta'Deang

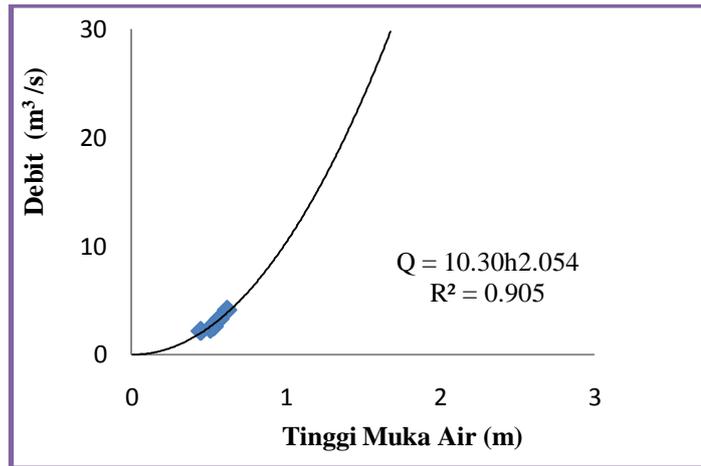
Titik 1		Titik 2	
TMA (m)	Debit (m ³ /s)	TMA (m)	Debit (m ³ /s)
0,62	4,127	0,63	3,375
0,57	3,273	0,62	2,896
0,53	2,585	0,57	2,766
0,51	2,375	0,60	3,193
0,45	2,181	0,80	5,021

Sumber : Data Primer Setelah Diolah, 2012

Perhitungan kecepatan aliran dapat dilihat pada Lampiran 5. Hasil pengolahan data yang telah diperoleh berdasarkan Tabel 6 di atas disajikan dalam bentuk grafik hubungan antara debit aliran (Q) dengan tinggi muka air (h) yang biasanya disebut dengan *rating curve* sebagai berikut:



Gambar 11. Rating Curve Titik 2 sub-DAS Ta'Deang



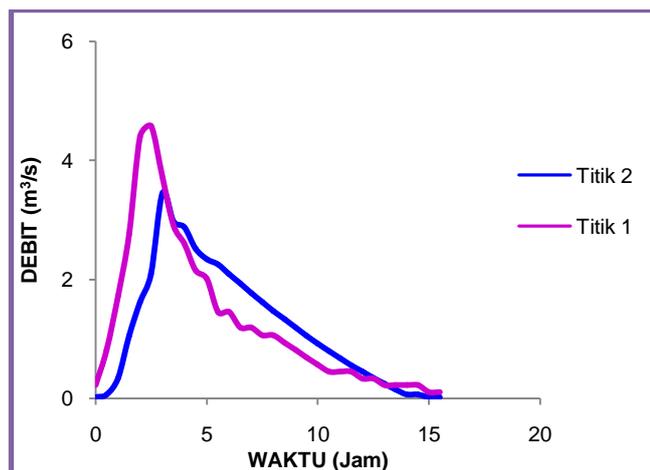
Gambar 12. Rating Curve Titik 1 sub-DAS Ta'Deang

Berdasarkan Grafik 11 dan 12, diketahui bahwa hubungan debit (Q) dan tinggi muka air (h) (persamaan *rating curve*) pada titik 2 $Q = 7,368h^{1,750}$ dengan $R^2 = 0,939$ sedangkan pada titik 1 diperoleh $Q = 10,30h^{2,054}$ dengan $R^2 = 0,905$.

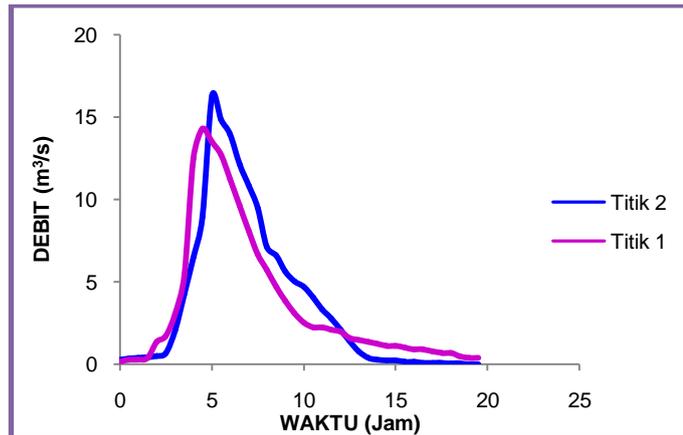
4.4 Hidrograf Hasil Pengukuran

Hidrograf adalah grafik yang menggambarkan hubungan antara unsur-unsur aliran (tinggi dan debit) dengan waktu (*stage hydrograph*, *discharge hydrograph*). Apabila karakteristik daerah itu berubah-ubah, maka bentuk hidrograf juga akan berubah (Soemarto, 1986).

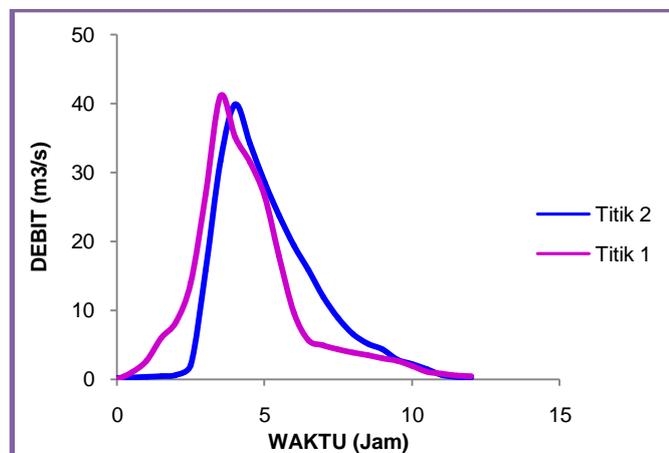
Hidrograf hasil pengukuran pada titik 1 dan titik 2 sungai Ta'deang dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 13. Hidrograf Aliran pada Pengukuran Pertama



Gambar 14. Hidrograf Aliran pada Pengukuran Kedua



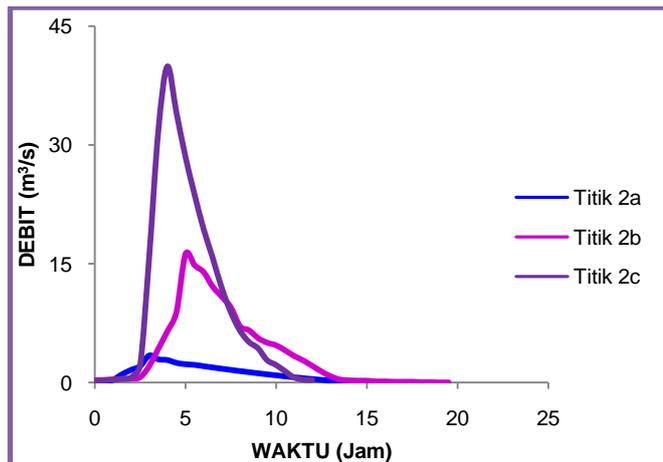
Gambar 15. Hidrograf Aliran pada Pengukuran Ketiga

Berdasarkan Gambar 13, 14, dan 15, terjadi perbedaan debit antara titik 1 dengan titik 2 dimana pada gambar 8 dan 10 debit dititik 1 lebih tinggi dibandingkan debit dititik 2, sedangkan pada gambar 9 debit dititik 1 lebih tinggi daripada debit dititik 2. Hal ini terjadi karena dalam perjalanan titik 1 menuju titik 2 mengalami perubahan debit yakni kehilangan yang dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya pengalihan aliran oleh warga, limpasan air, jenis tanah dan penggunaan lahan yang mengakibatkan proses infiltrasi. Tanah Aluvial termasuk dalam grup tanah B yang bertekstur lempung berdebu dan memiliki laju infiltrasi 4-8.

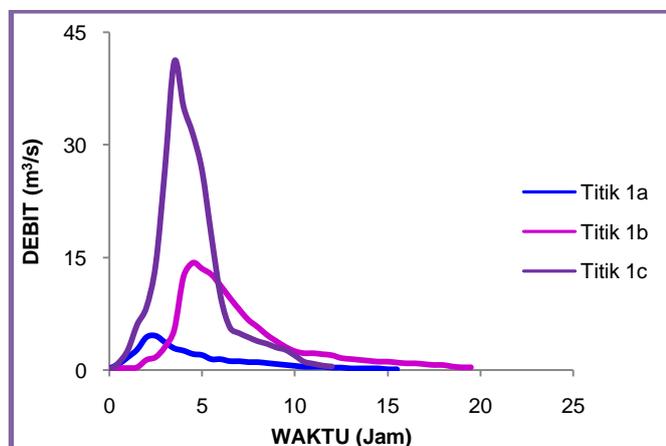
Panjang hidrograf merupakan waktu yang digunakan mulai saat debit naik dari aliran dasar sampai debit turun ke aliran dasar. Dari gambar diatas terlihat bahwa panjang hidrograf sangat bervariasi dari pengamatan pertama, kedua, dan ketiga dititik 1 dan titik 2 masing-masing 15,5 jam dan 12,5 jam, 17,5 jam dan 10 jam, dan 10,5 jam dan 8 jam.

Hidrograf pengamatan pertama mengalami perubahan karakteristik hidrograf secara signifikan dimana waktu capai puncak (*time to peak*) aliran bagian titik 1 yaitu 2,5 jam dan bagian titik 2 yaitu 3,0 jam. Sama halnya dengan hidrograf pengamatan pertama, pengamatan kedua dan ketiga pun berubah secara signifikan dengan *time to peak* aliran pada pengamatan kedua bagian titik 1 yaitu 4,5 jam dan bagian titik 2 yaitu 5,0 jam. Pada pengamatan ketiga bagian hulu yaitu 3,5 jam dan pada bagian hilir yaitu 4,0 jam.

Perbedaan *time to peak* antara titik 1 dengan titik 2 merupakan waktu yang digunakan air pada saat di titik 1 untuk berada di titik 2 dimana pada pengamatan pertama, kedua, dan ketiga membutuhkan waktu 0,5 jam. Menurut Irianto (2000), adanya penyimpangan terhadap waktu puncak disebabkan karena penyederhanaan DAS, yang menyebabkan adanya perbedaan kemiringan sungai, panjang sungai dan faktor-faktor lain yang mempengaruhi waktu puncak.



Gambar 16. Hidrograf Aliran pada Titik 2



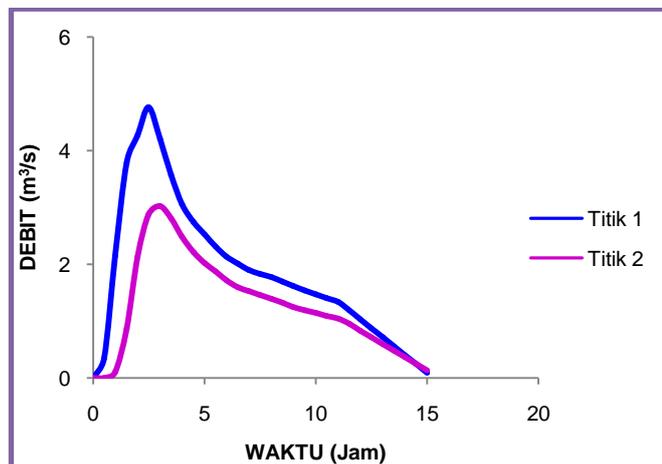
Gambar 17. Hidrograf Aliran pada Titik 1

Berdasarkan Gambar 16 dan 17 baik titik 1 maupun titik 2 mengalami perubahan karakteristik hidrograf dari pengamatan pertama hingga pengamatan ketiga. Pada pengamatan pertama dan kedua tidak mengalami perubahan yang besar tetapi pada pengamatan ketiga, hujan yang singkat namun deras itu mengakibatkan pemukiman penduduk dan persawahan tergenang banjir sehingga terjadi perubahan karakteristik hidrograf yg sangat besar.

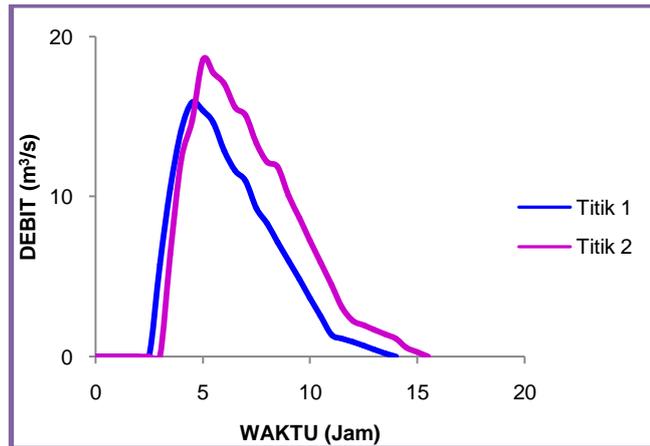
Karakteristik hidrograf dari pengamatan pertama hingga ketiga baik pada titik 1 maupun titik 2 berbeda-beda dilihat dari segi debit puncak dimana hidrograf pengamatan pertama merupakan debit rendah dengan debit puncak titik 1 yaitu $4,577 \text{ m}^3/\text{s}$ dan debit puncak titik 2 yaitu $63,447 \text{ m}^3/\text{s}$, pengamatan kedua merupakan debit sedang dengan debit puncak titik 1 yaitu $14,289 \text{ m}^3/\text{s}$ dan debit puncak titik 2 yaitu $16,271 \text{ m}^3/\text{s}$, dan pengamatan ketiga merupakan debit tinggi dengan debit puncak titik 1 yaitu $41,100 \text{ m}^3/\text{s}$ dan debit puncak titik 2 yaitu $39,908 \text{ m}^3/\text{s}$.

4.5 Hidrograf Hasil Perhitungan

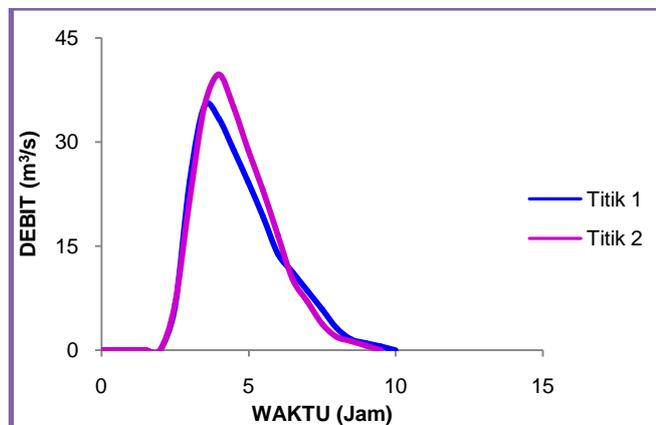
Dalam WMS dengan metode TR 55, debit puncak (q_p) dihitung dengan menggunakan persamaan yang telah tersedia dalam *software*. Hidrograf hasil perhitungan WMS dengan metode TR 55 dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 18. Hidrograf Aliran pada Perhitungan Pertama



Gambar 19. Hidrograf Aliran pada Perhitungan Kedua



Gambar 20. Hidrograf Aliran pada Perhitungan Ketiga

Berdasarkan Gambar 18, 19, dan 20, terjadi perbedaan debit antara titik 1 dengan titik 2. Baik hidrograf pertama, kedua, maupun ketiga mengalami perubahan karakteristik secara signifikan dimana waktu capai puncak (*time to peak*) aliran titik 1 pada perhitungan pertama yaitu 2,5 jam dan waktu untuk mencapai titik 2 yaitu 0,5 jam dengan debit puncak titik 1 yaitu $4,767\text{m}^3/\text{s}$ dan debit puncak titik 2 yaitu $3,024\text{ m}^3/\text{s}$. Pengamatan kedua dengan *time to peak* aliran titik 1 yaitu 4,5 jam dan waktu untuk mencapai titik 2 yaitu 0,5 jam dengan debit puncak titik 1 yaitu $15,887\text{ m}^3/\text{s}$ dan debit puncak titik 2 yaitu $18,575\text{ m}^3/\text{s}$. Pada pengamatan ke tiga dengan *time to peak* aliran titik 1 yaitu 3,5 jam dan waktu untuk mencapai titik 2 yaitu 0,5 jam dengan debit puncak titik 1 yaitu $35,242\text{ m}^3/\text{s}$ dan debit puncak titik 2 yaitu $39,765\text{ m}^3/\text{s}$.

Sama halnya dengan hidrograf ukur, panjang hidrograf hitung pun bervariasi dari pengamatan pertama, kedua, dan ketiga dititik 1 dan titik 2

masing-masing 15 jam dan 14 jam, 10,5 jam dan 11 jam, dan 6,5 jam dan 6 jam.

4.6 Perbandingan Debit Ukur dan Debit Hitung

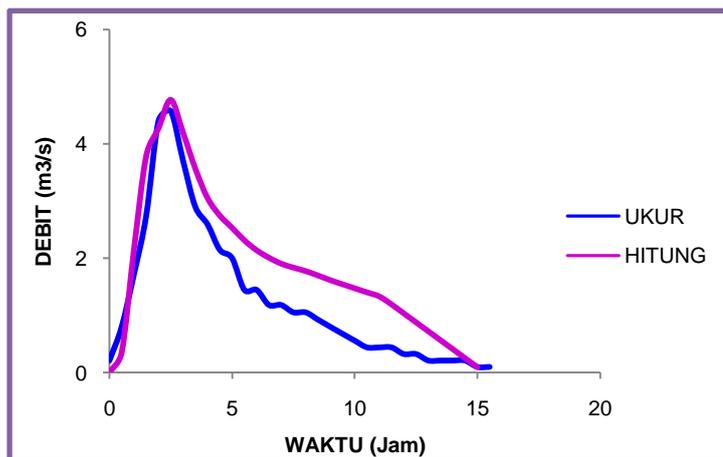
Hasil perbandingan debit ukur dan debit hitung pada titik 1 dan titik 2 dapat dilihat pada tabel *peak* (debit puncak) berikut ini:

Tabel 7. *Peak* ukur dan *peak* hitung pada titik 1 dan 2 Sub-DAS Ta'Deang

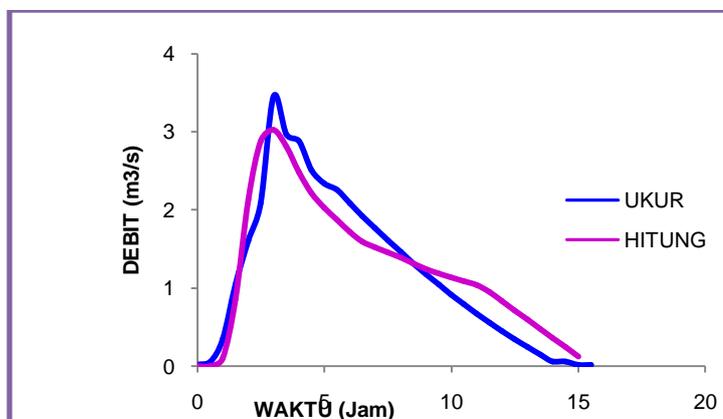
Pengamatan	Debit Puncak Titik 1		Debit Puncak Titik 2	
	Ukur (m ³ /s)	Hitung (m ³ /s)	Ukur (m ³ /s)	Hitung (m ³ /s)
1	4,577	4,767	3,447	3,024
2	1,289	15,887	16,271	18,575
3	41,100	35,242	39,908	39,765

Sumber: Data Primer Setelah Diolah, 2012

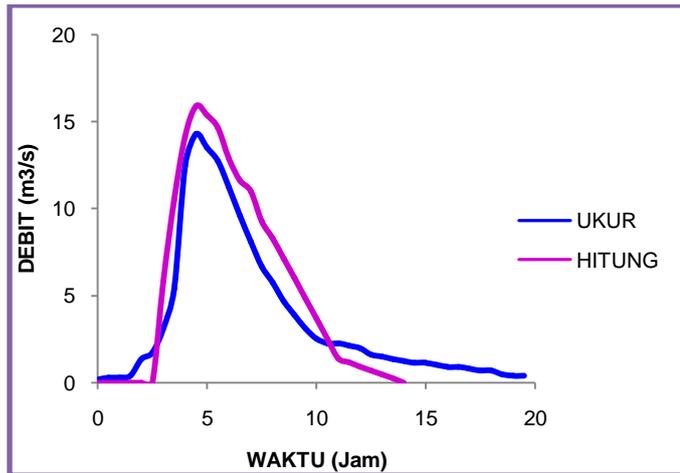
Perbandingan debit ukur dengan debit hitung di tunjukkan pada gambar di bawah ini.



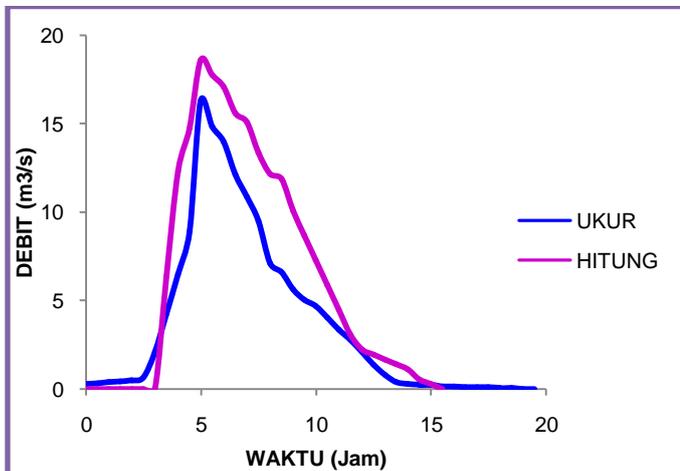
Gambar 21. Hidrograf Perbandingan Debit Ukur dengan Debit Hitung Titik 1 pada Pengamatan Pertama



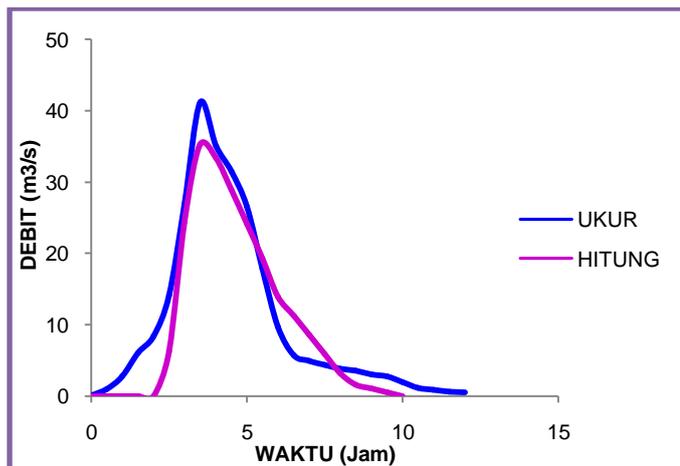
Gambar 22. Hidrograf Perbandingan Debit Ukur dengan Debit Hitung Titik 2 pada Pengamatan Pertama



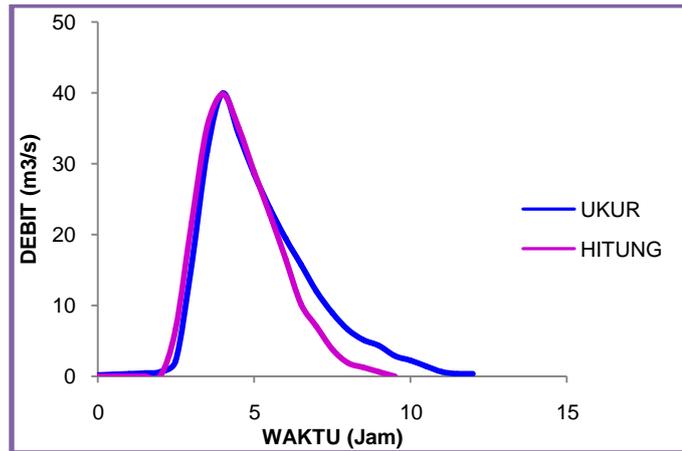
Gambar 23. Hidrograf Perbandingan Debit Ukur dengan Debit Hitung Titik 1 pada Pengamatan Kedua



Gambar 24. Hidrograf Perbandingan Debit Ukur dengan Debit Hitung Titik 2 pada Pengamatan Kedua



Gambar 25. Hidrograf Perbandingan Debit Ukur dengan Debit Hitung Titik 1 pada Pengamatan Ketiga



Gambar 26. Hidrograf Perbandingan Debit Ukur dengan Debit Hitung Titik 2 pada Pengamatan Ketiga

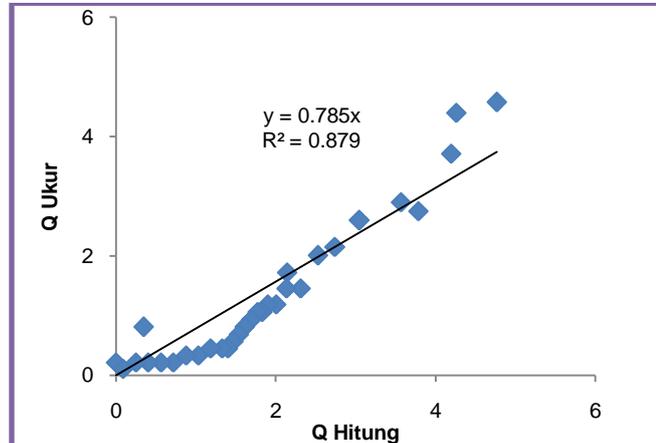
Hidrograf hasil perhitungan secara umum sama dengan hidrograf pengukuran, dimana debit puncak cenderung lebih tinggi pada curah hujan yang berdurasi pendek. Begitupula dengan karakteristik hidrograf dimana pada titik 1 dan titik 2 memiliki karakteristik hidrograf yang sama dari segi debit puncak yaitu pengamatan pertama merupakan debit rendah, pengamatan kedua merupakan debit sedang, dan pengamatan ketiga merupakan debit tinggi.

Berdasarkan Gambar 21 sampai dengan Gambar 26, terlihat bahwa pada titik 2 pengamatan pertama dan kedua, debit ukur lebih lebih tinggi dibandingkan debit hitung, sedangkan sebaliknya debit hitung lebih tinggi daripada debit ukur pada pengamatan pertama, kedua, dan ketiga di titik 1 dan pengamatan kedua titik 2. Menurut Soemarto (1986) ini disebabkan oleh kenyataan bahwa curah hujan didalam daerah aliran tidak merata, baik dalam tinggi maupun intensitasnya, ditambah lagi akibat tidak meratanya kehilangannya. Dalam daerah pengaliran besar curah hujannya sangat beragam dari satu titik ke titik lainnya, demikian pula sifat permukaannya juga berlain-lainan.

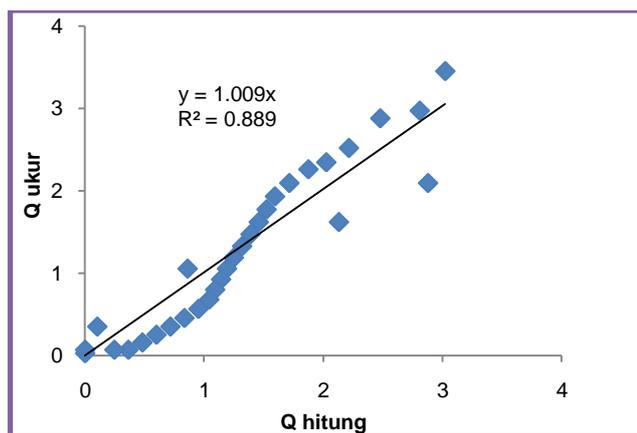
Adanya penyimpangan-penyimpangan yang dihasilkan oleh model juga disebabkan karena keterbatasan model WMS metode TR 55 dengan menggunakan data curah hujan saat pengukuran dalam memprediksi debit banjir.

4.7 Hubungan Antara Debit Ukur Dengan Debit Hitung

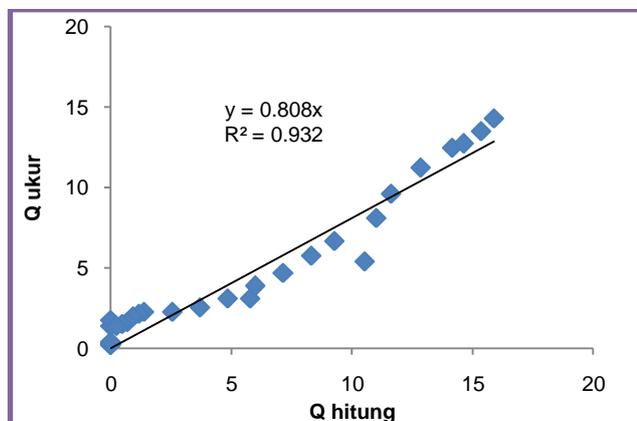
Hubungan antara debit ukur dengan debit hitung dalam model regresi yang nilai R^2 merupakan nilai regresi terbesar yang mendekati 1 dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



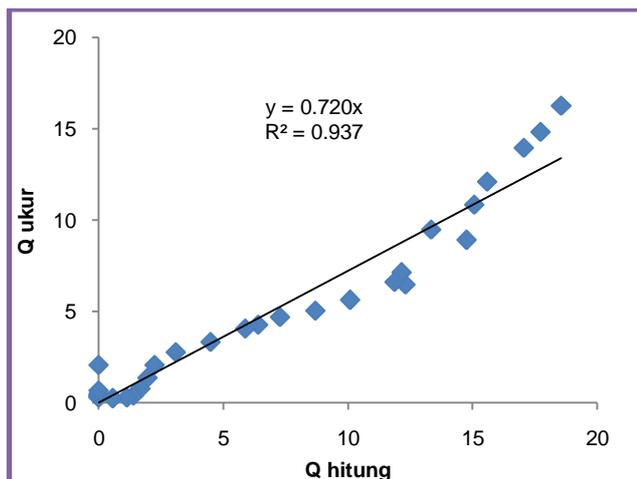
Gambar 27. Hubungan Debit Ukur dengan Debit Hitung Titik 1 pada Pengamatan Pertama



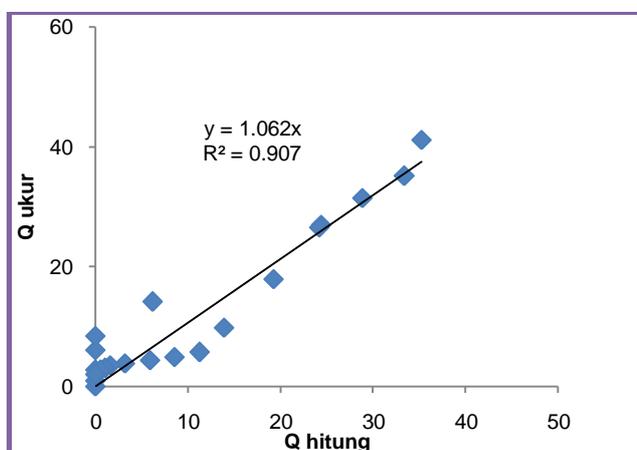
Gambar 28. Hubungan Debit Ukur dengan Debit Hitung Titik 2 pada Pengamatan Pertama



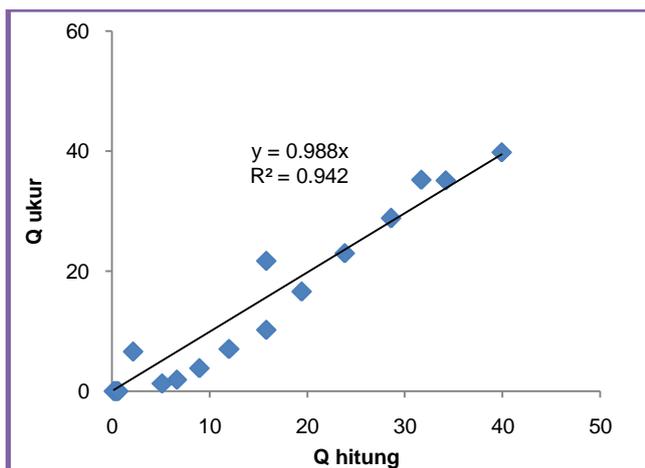
Gambar 29. Hubungan Debit Ukur dengan Debit Hitung Titik 1 pada Pengamatan Kedua



Gambar 30. Hubungan Debit Ukur dengan Debit Hitung Titik 2 pada Pengamatan Kedua



Gambar 31. Hubungan Debit Ukur dengan Debit Hitung Titik 1 pada Pengamatan Ketiga



Gambar 32. Hubungan Debit Ukur dengan Debit Hitung Titik 2 pada Pengamatan Ketiga

Berdasarkan Gambar 27 sampai dengan Gambar 32, analisis regresi linear antara debit hitung dengan debit ukur menunjukkan korelasi

yang kuat yang ditunjukkan dengan tingginya nilai koefisien determinan antara 0,879 sampai 0,942 dengan koefisien debit ukur pada titik 1 dan titik 2 pengukuran pertama hingga ketiga masing-masing 0,879 dan 0,889, 0,932 dan 0,937, dan 0,907 dan 0,942.

Dapat juga dilihat bahwa pada pengamatan pertama, kedua, dan ketiga baik titik 1 maupun titik 2 menunjukkan bahwa pendugaan debit aliran dengan menggunakan WMS metode TR 55 pada sub DAS Ta'deang memberikan hasil yang cukup baik, dapat kita lihat dari nilai R^2 yang dihasilkan pada pengamatan kedua dan ketiga. Semakin besar nilai R^2 maka semakin besar pula nilai kevalidan yang dihasilkan. Menurut Asdak (2010) sesuai atau tidaknya model matematis regresi sederhana dengan data yang digunakan dapat ditunjukkan dengan mengetahui besarnya nilai R^2 atau dapat juga disebut koefisien determinansi (*coefficient of determination*). Koefisien determinansi menunjukkan seberapa jauh kesalahan dalam memperkirakan besaran y dapat direduksi dengan menggunakan informasi yang dimiliki variabel x . Model persamaan regresi dianggap sempurna apabila nilai $R^2=1$. Dengan kata lain nilai R^2 merupakan petunjuk kevalidan suatu data dimana jika $0.8 < R^2 < 1$. Dengan demikian, model WMS dapat digunakan untuk menduga hidrograf aliran pada sub-DAS Ta'Deang kabupaten Maros.

Nilai kesalahan relatif dari hasil korelasi debit ukur dengan debit hitung dapat dilihat pada Tabel 8 dibawah ini:

Tabel 8. Nilai kesalahan relatif antara Debit Ukur dengan Debit Hitung

Pengamatan	Titik 1 (%)	Titik 2 (%)	Ket.
1	22,939	16,923	Debit Rendah
2	3,332	9,538	Debit Sedang
3	5,605	6,243	Debit Tinggi

Sumber: Data primer setelah Diolah, 2012

Dari Tabel 8 dapat dilihat dari kedua titik dengan tiga kali pengamatan bahwa semakin tinggi debit puncak maka semakin kecil tingkat kesalahannya. Tingkat kesalahan tertinggi terdapat pada pengamatan pertama yakni debit rendah dengan debit puncak ukur pada titik 1 dan titik 2 yaitu $4.577 \text{ m}^3/\text{s}$ dan $3.447 \text{ m}^3/\text{s}$, debit puncak hitung pada titik 1 dan titik 2 yaitu $4.767 \text{ m}^3/\text{s}$ dan $3.024 \text{ m}^3/\text{s}$.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Karakteristik hidrograf dari pengamatan pertama hingga ketiga baik pada titik 1 maupun titik 2 dari segi debit puncak dimana hidrograf pengamatan pertama merupakan debit rendah, pengamatan kedua merupakan debit sedang, dan pengamatan ketiga merupakan debit tinggi.
2. Waktu capai puncak pengamatan pertama, kedua dan ketiga adalah 5.5 jam, 4.5 jam dan 4.5 jam dengan *lag time* menuju titik 2 masing-masing pengamatan adalah 0.5 jam, 0.5 jam, dan 1 jam.
3. Panjang hidrograf ukur pengamatan pertama, kedua, dan ketiga dititik 1 dan titik 2 masing-masing 15.5 jam dan 12.5 jam, 17.5 jam dan 10 jam, dan 10.5 jam dan 8 jam. Sedangkan panjang hidrograf hitung pengamatan pertama, kedua, dan ketiga dititik 1 dan titik 2 masing-masing 15 jam dan 14 jam, 10.5 jam dan 11 jam, dan 6.5 jam dan 6 jam.
4. Pendugaan hidrograf limpasan permukaan dengan *Watershed Modelling System* pada sub-DAS Ta'Deang di kabupaten Maros memiliki tingkat keakuratan rata-rata 91.5%.

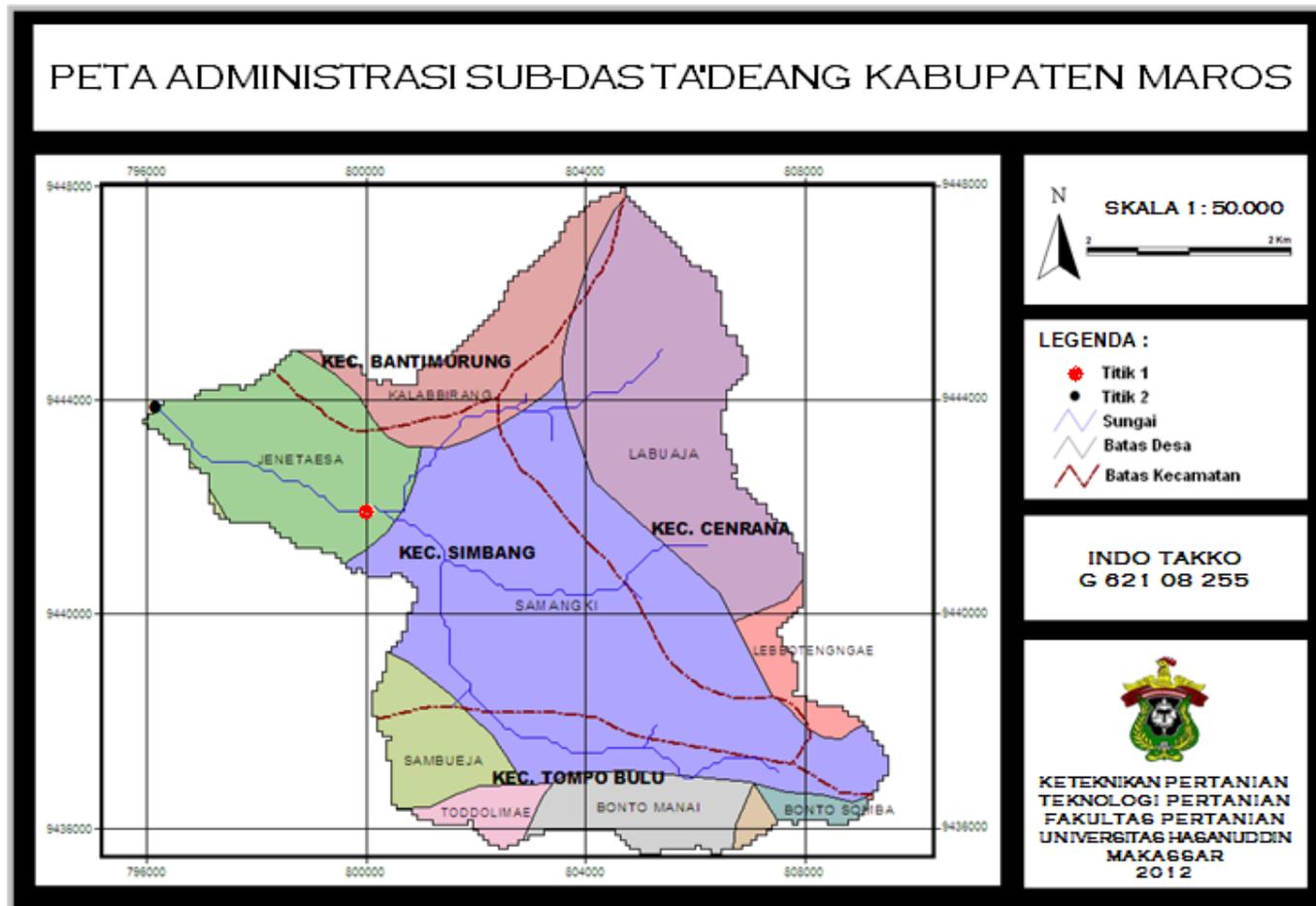
5.2 Saran

Penulis menyarankan sebaiknya dalam penelitian selanjutnya dibutuhkan data curah hujan minimal sehari sebelum dan setelah pengukuran agar hasil dari masing-masing curah hujan yang diperoleh dapat dibandingkan untuk mendapatkan hasil yang mendekati kesempurnaan.

DAFTAR PUSTAKA

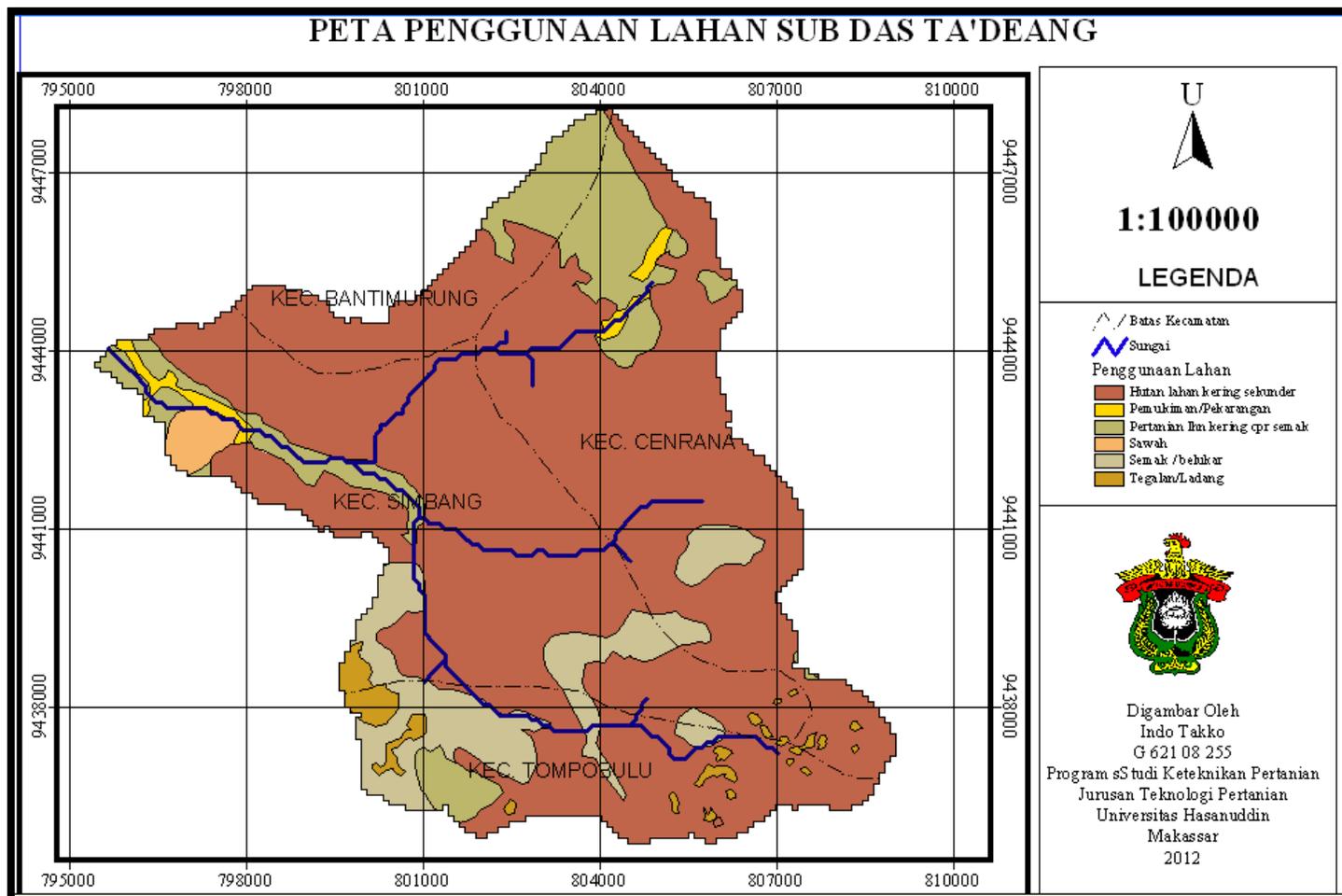
- Anonim^a 2012. **Penggunaan WMS Pada Model Hidrologi.** http://www.scisoftware.com/products/wms_overview/wms_overview.html. Akses tanggal 21 April 2012.
- Anonim^b, 2012. **Technical Releases 55.** <http://www.cpsc.org/reference/tr55.pdf>. Akses 21 April 2012.
- Agus, Indra, et.al., 2011. **Perbandingan Hidrograf Satuan Teoritis Terhadap Hidrograf Satuan Observasi DAS Ciliwung Hulu**, vol. 18, no. 1. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Arsyad, S. 2006. **Konservasi Tanah dan Air.** Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Asdak, Chay. 2004. **Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai.** Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- _____. 2010. **Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai.** Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Irianto, G., 2006. **Pengelolaan Sumberdaya Lahan dan Air, Strategi Pendekatan dan Pemanfaatannya.** Papas Sinar Sinanti, Jakarta
- Kartasapoetra. 1990. **Klimatologi.** Bumi Aksara, Jakarta.
- Kodoatie dan sjarief, 2008. **Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu.** Andi, Yogyakarta
- Natakusumah, D.K., et.al., 2011. **Prosedur Umum Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis dengan Cara ITB dan Beberapa Contoh Penerapannya**, vol. 18, no. 3. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Pakasi, S.E. 2006. **Model Pengelolaan Terpadu Daerah Aliran Sungai Berbasis Sistem Pemanfaatan Lahan: Studi Kasus DAS Konaweha Sulawesi Tenggara.** Tesis S-2 tidak dipublikasikan. Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Rahayu. S. et.al, 2009. **Monitoring Air Di Daerah Aliran Sungai.** World Agroforestry Center ICRAF Asia Tenggara, Bogor.
- Sangsongko. Djoko, 1985. **Teknik Sumber Daya Air.** Erlangga, Jakarta
- Soemarto, 1986. **Hidrologi Teknik.** Usaha Nasional, Surabaya
- Soewarno, 1995 **Hidrologi Pengukuran dan Pengelolaan Data Aliran Sungai (Hidrometrik).** Nova, Bandung.
- Sosrodarsono, S. dan Takeda, K, 1987. **Hidrologi Untuk Pengairan.** PT.Pradayana Paramita, Jakarta
- sri, Harto, B. 1993. **Analisis Hidrologi.** PT.Gramedia Utama, Jakarta.
- Suripin. 2004. **Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan.** Andi, Yogyakarta. Triatmodjo,
- Bambang, 2010. *Hidrologi Terapan.* Beta Offset. Yogyakarta

Lampiran 1. Peta Administrasi Sub-DAS Ta'Deang



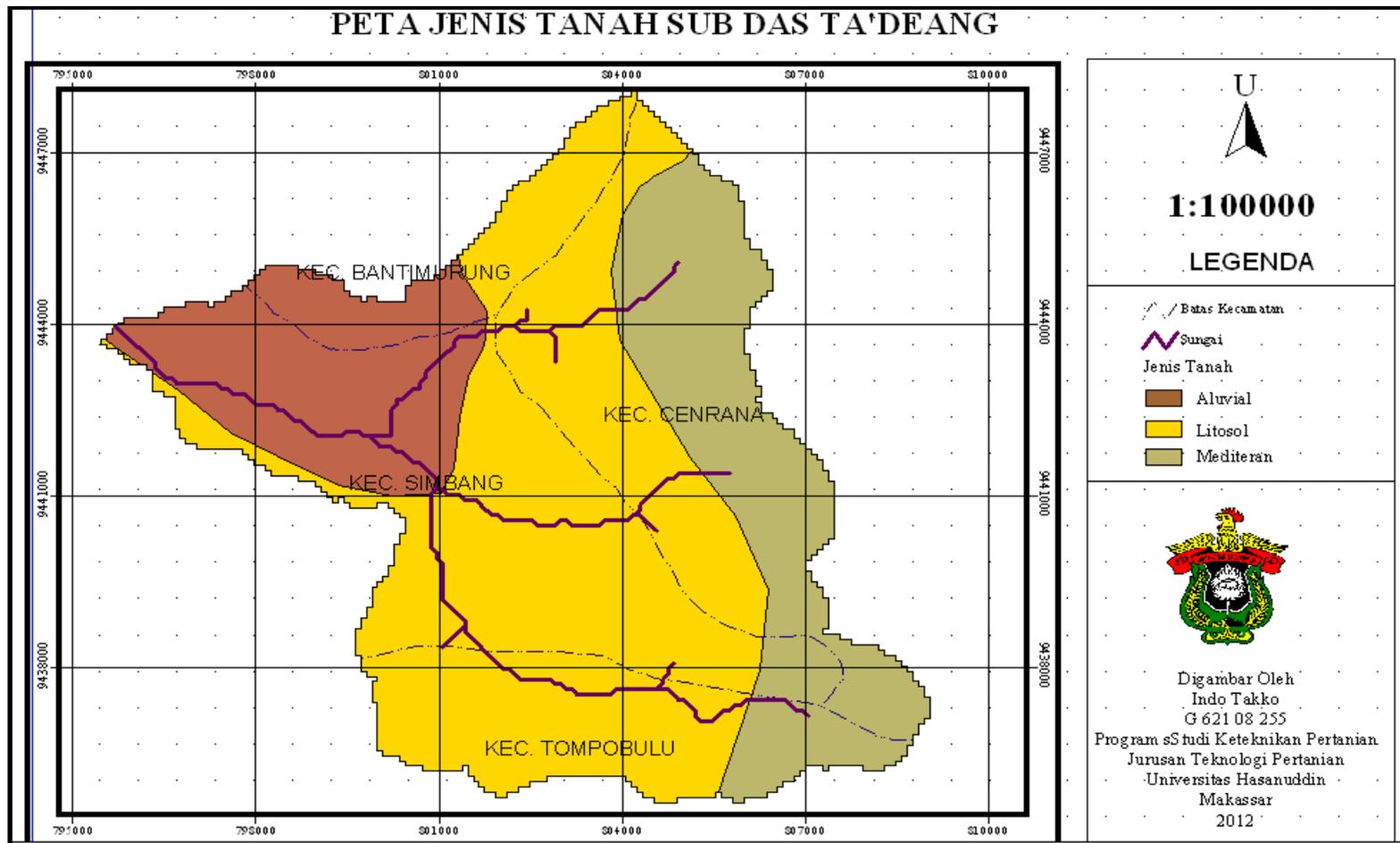
Sumber: Data Sekunder BP-DAS Jeneberang-Walanae Setelah Diolah, 2012

Lampiran 2. Peta Penggunaan Lahan Sub-DAS Ta'Deang



Sumber: Data Sekunder BP-DAS Jeneberang-Walanae Setelah Diolah, 2012

Lampiran 3. Peta Jenis Tanah Sub-DAS Ta'Deang



Sumber: Data Sekunder BP-DAS Jeneberang-Walanae Setelah diolah, 2012

Lampiran 4. Bilangan Kurva (CN) Untuk Berbagai Kompleks Penutup Lahan Pada Berbagai Kelompok Hidrologi Lahan

Penggunaan Lahan	Tipe Penutupan	Cara Pengelolaan	Kondisi Hidrologi	Bilangan Kurva (CN)			
				Grup Hidrologi Lahan			
				A	B	C	D
Pertanian	Terbengkalai Tanaman berjajar	Tanah terbuka		77	86	91	94
		Larikan lurus	Buruk	72	81	88	91
	Larikan lurus	Baik	67	78	85	89	
	Kontur	Buruk	70	79	84	88	
	Kontur	Baik	65	75	82	86	
	Kontur&teras	Buruk	66	74	80	82	
	Kontur&teras	Baik	62	71	78	81	
	Padi, gandum	Larikan lurus	Buruk	65	76	84	88
		Larikan lurus	Baik	63	75	83	87
		Kontur	Buruk	63	74	82	85
		Kontur	Baik	61	73	81	84
		Kontur&teras	Buruk	61	72	79	82
		Kontur&teras	Baik	59	70	78	81
	Tanaman legum	Larikan lurus	Buruk	66	77	85	89
		Larikan lurus	Baik	58	72	81	84
		Kontur	Buruk	64	75	83	85
		Kontur	Baik	55	69	78	83
		Kontur&teras	Buruk	63	73	80	83
		Kontur&teras	Baik	51	67	76	80
	Lapangan rumput		Buruk	68	79	86	89
			Sedang	49	69	79	84
			Baik	39	61	74	80
	Padang rumput			30	58	71	78

Penggunaan Lahan	Tipe Penutupan	Cara Pengelolaan	Kondisi Hidrologi	Bilangan Kurva (CN)				
				Grup Hidrologi Lahan				
				A	B	C	D	
Padang rumput (iklim kering)	Hutan Lahan Kering Sekunder		Buruk	45	66	77	83	
			Sedang	36	60	73	79	
			Baik	30	55	70	77	
	Pemukiman/Pekarangan Tegalan/Ladang				59	74	82	86
			Buruk			80	87	93
			Sedang			71	81	89
	Pertanian Lahan Kering					62	74	85
			Buruk	57	73	82	86	
			Sedang	43	65	76	82	
	Tanaman perdu	Perdu daerah pegunungan		Baik	32	58	72	79
				Buruk (<30%)		80	87	93
				Sedang		71	81	89
		Semak		Baik(70%)		62	74	79
				Buruk		67	80	85
				Sedang		51	63	70
		Perdu padang pasir		Baik		35	47	55
				Buruk		66	74	79
				Sedang		48	57	63
	Baik		30	41	48			
	Buruk	63	77	85	88			
	Sedang	55	72	81	86			
	Baik	49	68	79	84			

Sumber : U.S. SCS, 1972

Lampiran 5. Data Pengukuran Kecepatan Aliran dan Luas Penampang Sungai pada Titik1 Sub-DAS Ta’Deang

Tanggal	Titik Ukur (m)	TMA (m)	Interval Kedalaman (m)	Kecepatan (V) (m/s)	Luas Penampang (m ²)
25 Januari 2012	0	0.00	0.0	0.000	4.749
	1	0.53	0.6	0.255	
	2	0.59	0.6	0.304	
	3	0.62	0.2	0.180	
			0.8	0.190	
	4	0.50	0.6	0.125	
26 Januari 2012	5	0.00	0.0	0.000	4.092
	0	0.00	0.0	0.000	
	1	0.44	0.6	0.156	
	2	0.51	0.6	0.217	
	3	0.57	0.6	0.260	
	4	0.41	0.6	0.167	
28 Januari 2012	5	0.00	0.0	0.000	3.752
	0	0.00	0.0	0.000	
	1	0.39	0.6	0.148	
	2	0.45	0.6	0.171	
	3	0.53	0.6	0.219	
	4	0.40	0.6	0.151	
	5	0.00	0.0	0.000	

Tanggal	Titik Ukur (m)	TMA (m)	Interval Kedalaman (m)	Kecepatan (V) (m/s)	Luas Penampang (m ²)
29 Januari 2012	0	0.00	0.0	0.000	3.604
	1	0.39	0.6	0.138	
	2	0.42	0.6	0.169	
	3	0.51	0.6	0.195	
	4	0.38	0.6	0.157	
	5	0.00	0.0	0.000	
29 Januari 2012	0	0.00	0.0	0.000	3.382
	1	0.375	0.6	0.141	
	2	0.40	0.6	0.161	
	3	0.45	0.6	0.193	
	4	0.37	0.6	0.150	
	5	0.00	0.0	0.000	

Sumber : Data Primer sebelum Diolah, 2012

Lampiran 6. Data Pengukuran Kecepatan Aliran dan Luas Penampang Sungai pada Titik 2 Sub-DAS Ta'Deang

Tanggal	Titik Ukur (m)	TMA (m)	Interval Kedalaman (m)	Kecepatan (V) (m/s)	Luas Penampang (m ²)
28 Januari 2012	0	0.00	0.0	0.000	3.167
	1	0.30	0.6	0.233	
	2	0.37	0.6	0.251	
	3	0.52	0.6	0.289	
	4	0.63	0.2	0.262	
			0.8	0.323	
29 Januari 2012	5	0.00	0.0	0.000	2.941
	0	0.00	0.0	0.000	
	1	0.24	0.6	0.224	
	2	0.33	0.6	0.251	
	3	0.49	0.6	0.243	
	4	0.62	0.2	0.260	
29 Januari 2012			0.8	0.274	2.784
	5	0.00	0.0	0.000	
	0	0.00	0.0	0.000	
	1	0.24	0.6	0.201	
	2	0.30	0.6	0.233	
	3	0.48	0.6	0.264	
	4	0.57	0.6	0.296	
	5	0.00	0.0	0.000	

Tanggal	Titik Ukur (m)	TMA (m)	Interval Kedalaman (m)	Kecepatan (V) (m/s)	Luas Penampang (m ²)
30 Januari 2012	0	0.00	0.0	0.000	2.993
	1	0.28	0.6	0.215	
	2	0.33	0.6	0.251	
	3	0.50	0.6	0.288	
	4	0.60	0.6	0.313	
	5	0.00	0.0	0.000	
31 Januari 2012	0	0.00	0.0	0.000	4.184
	1	0.46	0.6	0.276	
	2	0.48	0.6	0.325	
	3	0.65	0.2	0.275	
			0.8	0.320	
	4	0.80	0.2	0.288	
			0.8	0.316	
	5	0.00	0.0	0.000	

Sumber : Data Primer Setelah Diolah, 2012

Lampiran 7. Perhitungan Debit Menggunakan Metode Manning

	Luas (m ²)			Debit (m ³ /s)			Keliling Basah (m)	
	Titik 1	Titik 2		Titik 1	Titik 2		Titik 1	Titik 2
A1	4.749	3.167	Q1	4.127	3.375	P1	10.728	9.882
A2	4.092	2.940	Q2	3.273	2.896	P2	10.693	9.874
A3	3.752	2.783	Q3	2.585	2.766	P3	10.679	9.858
A4	3.604	2.993	Q4	2.375	3.193	P4	10.675	9.871
A5	3.381	4.183	Q5	2.181	5.021	P5	10.667	9.975

Sumber : Data Primer setelah diolah, 2012

Lampiran 8. Data Curah Hujan Harian

Tanggal	Volume (v)	Luas (a)	Curah Hujan	Curah Hujan	Waktu (t)
	(cm ³)	(cm ²)	(cm)	(in)	(jam)
18 Februari 2012	2010	706.5	2.845	1.121	4.0
24 Februari 2012	236	706.5	0.334	0.132	1.0
25 Februari 2012	120	706.5	0.170	0.067	1.5

Sumber : Data Primer setelah Diolah, 2012

Lampiran 9 . Hasil Perhitungan Debit

Data Pengukuran 1 Tinggi Muka Air Sub-DAS Ta'deang pada Titik 1

No.	Waktu (t)	TMA (m)	Debit (m ³ /s)	No.	Waktu (t)	TMA (m)	Debit (m ³ /s)
1	13,30	0.55	3.017	17	21,30	0.62	3.858
2	14,00	0.60	3.607	18	22,00	0.61	3.732
3	14,30	0.67	4.525	19	22,30	0.60	3.607
4	15,00	0.74	5.549	20	23,00	0.59	3.485
5	15,30	0.84	7.200	21	23,30	0.58	3.364
6	16,00	0.85	7.377	22	00,00	0.57	3.246
7	16,30	0.80	6.513	23	00,30	0.57	3.246
8	17,00	0.75	5.704	24	01,00	0.57	3.246
9	17,30	0.73	5.396	25	00,31	0.56	3.131
10	18,00	0.70	4.951	26	01,01	0.56	3.131
11	18,30	0.69	4.807	27	00,32	0.55	3.017
12	19,00	0.65	4.252	28	01,02	0.55	3.017
13	19,30	0.65	4.252	29	00,33	0.55	3.017
14	20,00	0.63	3.987	30	01,03	0.55	3.017
15	20,30	0.63	3.987	31	00,34	0.54	2.905
16	21,00	0.62	3.858	32	01,04	0.54	2.905

Sumber : Data Primer Setelah Diolah, 2012

Data Pengukuran 1 Tinggi Muka Air Sub-DAS Ta'deang pada Titik 2

No.	Waktu (t)	TMA (m)	Debit (m ³ /s)	No.	Waktu (t)	TMA (m)	Debit (m ³ /s)
1	13,30	0.22	0.521	17	21,30	0.47	1.966
2	14,00	0.23	0.563	18	22,00	0.45	1.822
3	14,30	0.29	0.844	19	22,30	0.43	1.682
4	15,00	0.41	1.548	20	23,00	0.41	1.548
5	15,30	0.49	2.114	21	23,30	0.39	1.418
6	16,00	0.55	2.588	22	00,00	0.37	1.293
7	16,30	0.70	3.947	23	00,30	0.35	1.173
8	17,00	0.65	3.467	24	01,00	0.33	1.059
9	17,30	0.64	3.374	25	01,30	0.31	0.949
10	18,00	0.60	3.014	26	02,00	0.29	0.844
11	18,30	0.58	2.840	27	02,30	0.27	0.745
12	19,00	0.57	2.755	28	03,00	0.25	0.651
13	19,30	0.55	2.588	29	03,30	0.23	0.563
14	20,00	0.53	2.426	30	04,00	0.23	0.563
15	20,30	0.51	2.268	31	04,30	0.22	0.521
16	21,00	0.49	2.114	32	05,00	0.22	0.521

Sumber : Data Primer Setelah Diolah, 2012

Data Pengukuran 2 Tinggi Muka Air Sub-DAS Ta'deang pada Titik 1

No.	Waktu (t)	TMA (m)	Debit (m ³ /s)	No.	Waktu (t)	TMA (m)	Debit (m ³ /s)
1	14,00	0.47	2.184	21	00,00	0.67	4.525
2	14,30	0.48	2.281	22	00,30	0.65	4.252
3	15,00	0.48	2.281	23	01,00	0.65	4.252
4	15,30	0.49	2.380	24	01,30	0.64	4.118
5	16,00	0.58	3.364	25	02,00	0.63	3.987
6	16,30	0.61	3.732	26	02,30	0.60	3.607
7	17,00	0.71	5.097	27	03,00	0.59	3.485
8	17,30	0.85	7.377	28	03,30	0.58	3.364
9	18,00	1.18	14.470	29	04,00	0.57	3.246
10	18,30	1.25	16.289	30	04,30	0.56	3.131
11	19,00	1.22	15.496	31	05,00	0.56	3.131
12	19,30	1.19	14.723	32	05,30	0.55	3.017
13	20,00	1.13	13.239	33	06,00	0.54	2.905
14	20,30	1.06	11.610	34	06,30	0.54	2.905
15	21,00	0.99	10.090	35	07,00	0.53	2.796
16	21,30	0.92	8.679	36	07,30	0.52	2.688
17	22,00	0.87	7.738	37	08,00	0.52	2.688
18	22,30	0.81	6.681	38	08,30	0.50	2.480
19	23,00	0.76	5.862	39	09,00	0.49	2.380
20	23,30	0.71	5.097	40	09,30	0.49	2.380

Sumber : Data Primer Setelah Diolah, 2012

Data Pengukuran 2 Tinggi Muka Air Sub-DAS Ta'deang pada Titik 2

No.	Waktu (t)	TMA (m)	Debit (m ³ /s)	No.	Waktu (t)	TMA (m)	Debit (m ³ /s)
1	14,00	0.28	0.794	21	00,00	0.82	5.206
2	14,30	0.29	0.844	22	00,30	0.76	4.558
3	15,00	0.30	0.896	23	01,00	0.69	3.849
4	15,30	0.31	0.949	24	01,30	0.63	3.282
5	16,00	0.32	1.003	25	02,00	0.55	2.588
6	16,30	0.35	1.173	26	02,30	0.46	1.893
7	17,00	0.55	2.588	27	03,00	0.37	1.293
8	17,30	0.78	4.770	28	03,30	0.30	0.896
9	18,00	0.97	6.986	29	04,00	0.28	0.794
10	18,30	1.15	9.410	30	04,30	0.27	0.745
11	19,00	1.60	16.771	31	05,00	0.27	0.745
12	19,30	1.52	15.331	32	05,30	0.25	0.651
13	20,00	1.47	14.460	33	06,00	0.25	0.651
14	20,30	1.36	12.620	34	06,30	0.24	0.606
15	21,00	1.28	11.349	35	07,00	0.24	0.606
16	21,30	1.19	9.990	36	07,30	0.24	0.606
17	22,00	1.02	7.628	37	08,00	0.23	0.563
18	22,30	0.98	7.112	38	08,30	0.23	0.563
19	23,00	0.90	6.127	39	09,00	0.22	0.521
20	23,30	0.85	5.544	40	09,30	0.22	0.521

Sumber : Data Primer Setelah Diolah, 2012

Data Pengukuran 3 Tinggi Muka Air Sub-DAS Ta'deang pada Titik 1

No.	Waktu (t)	TMA (m)	Debit (m ³ /s)	No.	Waktu (t)	TMA (m)	Debit (m ³ /s)
1	12,00	0.55	3.017	14	18,30	0.92	8.679
2	12,30	0.63	3.987	15	19,00	0.88	7.921
3	13,00	0.75	5.704	16	19,30	0.85	7.377
4	13,30	0.94	9.071	17	20,00	0.82	6.852
5	14,00	1.05	11.386	18	20,30	0.80	6.513
6	14,30	1.28	17.102	19	21,00	0.77	6.021
7	15,00	1.68	29.897	20	21,30	0.75	5.704
8	15,30	2.03	44.100	21	22,00	0.70	4.951
9	16,00	1.89	38.079	22	22,30	0.64	4.118
10	16,30	1.80	34.448	23	23,00	0.62	3.858
11	17,00	1.67	29.532	24	23,30	0.60	3.607
12	17,30	1.41	20.861	25	00,00	0.59	3.485
13	18,00	1.11	12.762				

Sumber : Data Primer Setelah Diolah, 2012

Data Pengukuran 3 Tinggi Muka Air Sub-DAS Ta'deang pada Titik 2

No.	Waktu (t)	TMA (m)	Debit (m ³ /s)	No.	Waktu (t)	TMA (m)	Debit (m ³ /s)
1	12,00	0.26	0.688	14	18,30	1.57	16.298
2	12,30	0.28	0.784	15	19,00	1.35	12.495
3	13,00	0.30	0.885	16	19,30	1.15	9.423
4	13,30	0.32	0.992	17	20,00	0.98	7.111
5	14,00	0.35	1.161	18	20,30	0.86	5.650
6	14,30	0.56	2.656	19	21,00	0.79	4.866
7	15,00	1.57	16.298	20	21,30	0.64	3.359
8	15,30	2.31	32.159	21	22,00	0.57	2.740
9	16,00	2.63	40.408	22	22,30	0.47	1.951
10	16,30	2.41	34.650	23	23,00	0.35	1.161
11	17,00	2.18	29.042	24	23,30	0.30	0.885
12	17,30	1.97	24.300	25	00,00	0.29	0.834
13	18,00	1.76	19.927				

Sumber : Data Primer Setelah Diolah, 2012

Lampiran 10. Hasil Perhitungan Debit Menggunakan WMS Metode TR 55**Data Perhitungan Pertama Sub-DAS Ta'deang**

Titik 1			Titik 2		
Waktu (Jam)	Debit (cfs)	Debit (m3/s)	Waktu (Jam)	Debit (cfs)	Debit (m3/s)
0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000
0.5	12.460	0.349	0.5	0.000	0.000
1.0	76.634	2.146	1.0	3.643	0.102
1.5	135.179	3.785	1.5	30.722	0.860
2.0	152.275	4.264	2.0	76.101	2.133
2.5	170.237	4.767	2.5	102.83	2.879
3.0	149.821	4.195	3.0	108.006	3.024
3.5	127.366	3.566	3.5	100.347	2.810
4.0	108.904	3.049	4.0	88.512	2.478
4.5	97.970	2.743	4.5	79.102	2.215
5.0	90.316	2.529	5.0	72.323	2.025
5.5	82.514	2.310	5.5	66.963	1.875
6.0	76.304	2.137	6.0	61.237	1.715
6.5	71.682	2.007	6.5	56.930	1.594
7.0	67.924	1.902	7.0	54.408	1.523
7.5	65.468	1.833	7.5	52.070	1.458
8.0	63.302	1.772	8.0	49.576	1.388
8.5	60.558	1.696	8.5	47.081	1.318
9.0	57.670	1.615	9.0	44.586	1.248
9.5	55.068	1.542	9.5	42.525	1.191
10.0	52.539	1.471	10.0	40.752	1.141
10.5	50.010	1.400	10.5	38.979	1.091
11.0	47.480	1.329	11.0	37.207	1.042
11.5	42.494	1.190	11.5	33.977	0.951
12.0	36.893	1.033	12.0	29.776	0.834
12.5	31.293	0.876	12.5	25.574	0.716
13.0	25.692	0.719	13.0	21.373	0.598
13.5	20.092	0.563	13.5	17.172	0.481
14.0	14.492	0.406	14.0	12.971	0.363
14.5	8.891	0.249	14.5	8.769	0.246
15.0	3.291	0.092	15.0	4.568	0.128

Sumber : Data Primer Setelah Diolah, 2012

Data Perhitungan Kedua Sub-DAS Ta'deang

Titik 1			Titik 2		
Waktu (Jam)	Debit (cfs)	Debit (m3/s)	Waktu (Jam)	Debit (cfs)	Debit (m3/s)
0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000
0.5	0.000	0.000	0.5	0.000	0.000
1.0	0.000	0.000	1.0	0.000	0.000
1.5	0.000	0.000	1.5	0.000	0.000
2.0	0.000	0.000	2.0	0.000	0.000
2.5	0.000	0.000	2.5	0.000	0.000
3.0	0.000	0.000	3.0	206.144	5.772
3.5	228.729	6.404	3.5	376.021	10.529
4.0	439.631	12.310	4.0	505.467	14.153
4.5	527.037	14.757	4.5	567.401	15.887
5.0	663.404	18.575	5.0	548.579	15.360
5.5	633.498	17.738	5.5	522.738	14.637
6.0	609.424	17.064	6.0	459.137	12.856
6.5	556.825	15.591	6.5	414.883	11.617
7.0	538.549	15.079	7.0	392.737	10.997
7.5	476.838	13.351	7.5	331.158	9.272
8.0	434.49	12.166	8.0	296.465	8.301
8.5	423.807	11.867	8.5	255.289	7.148
9.0	360.272	10.088	9.0	214.113	5.995
9.5	310.235	8.6866	9.5	172.938	4.842
10.0	260.197	7.2855	10.0	131.762	3.689
10.5	210.159	5.885	10.5	90.586	2.536
11.0	160.121	4.483	11.0	49.411	1.384
11.5	110.083	3.082	11.5	41.176	1.153
12.0	80.061	2.242	12.0	32.941	0.922
12.5	70.053	1.961	12.5	24.705	0.692
13.0	60.045	1.681	13.0	16.47	0.461
13.5	50.038	1.401	13.5	8.235	0.231
14.0	40.03	1.121	14.0	0.000	0.000
14.5	20.015	0.560			
15.0	10.008	0.280			
15.5	0.000	0.000			

Sumber : Data Primer Setelah Diolah, 2012

Data Perhitungan Ketiga Sub-DAS Ta'deang

Titik 1			Titik 2		
Waktu (Jam)	Debit (cfs)	Debit (m3/s)	Waktu (Jam)	Debit (cfs)	Debit (m3/s)
0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000
0.5	0.000	0.000	0.5	0.000	0.000
1.0	0.000	0.000	1.0	0.000	0.000
1.5	0.000	0.000	1.5	0.000	0.000
2.0	0.000	0.000	2.0	0.000	0.000
2.5	221.695	6.207	2.5	236.979	6.635
3.0	871.685	24.407	3.0	775.138	21.704
3.5	1258.635	35.242	3.5	1256.964	35.195
4.0	1192.539	33.391	4.0	1420.163	39.765
4.5	1030.323	28.849	4.5	1252.705	35.076
5.0	863.143	24.168	5.0	1028.315	28.793
5.5	688.018	19.265	5.5	820.049	22.961
6.0	496.902	13.913	6.0	592.258	16.583
6.5	401.344	11.238	6.5	364.466	10.205
7.0	305.786	8.562	7.0	250.571	7.016
7.5	210.228	5.886	7.5	136.675	3.827
8.0	114.670	3.211	8.0	68.337	1.913
8.5	57.335	1.605	8.5	45.558	1.275
9.0	38.223	1.070	9.0	22.779	0.638
9.5	19.112	0.535	9.5	0.000	0.000
10	0.000	0.000			

Sumber : Data Primer Setelah Diolah, 2012

Lampiran 11. Debit dan Kesalahan Relatif

Data debit dan kesalahan relatif pada titik 1 sub-DAS Ta'Deang

Pengamatan 1			Pengamatan 2			Pengamatan 3		
Q _{ht}	Q _{uk}	E _{rel}	Q _{ht}	Q _{uk}	E _{rel}	Q _{ht}	Q _{uk}	E _{rel}
0.000	0.217	-1.000	0.000	0.184	-1.000	0.000	0.017	-1.000
0.349	0.807	-0.568	0.000	0.281	-1.000	0.000	0.987	-1.000
2.146	1.725	0.244	0.000	0.281	-1.000	0.000	2.704	-1.000
3.785	2.749	0.377	0.000	0.380	-1.000	0.000	6.071	-1.000
4.264	4.400	-0.031	0.000	1.364	-1.000	0.000	8.386	-1.000
4.767	4.577	0.041	0.000	1.732	-1.000	6.207	14.102	-0.560
4.195	3.713	0.130	5.772	3.097	0.864	24.407	26.897	-0.093
3.566	2.904	0.228	10.529	5.377	0.958	35.242	41.100	-0.143
3.049	2.596	0.174	14.153	12.470	0.135	33.391	35.079	-0.048
2.743	2.151	0.275	15.887	14.289	0.112	28.849	31.448	-0.083
2.529	2.007	0.260	15.360	13.496	0.138	24.168	26.532	-0.089
2.310	1.452	0.592	14.637	12.723	0.150	19.265	17.861	0.079
2.137	1.452	0.472	12.856	11.239	0.144	13.913	9.762	0.425
2.007	1.187	0.690	11.617	9.610	0.209	11.238	5.679	0.979
1.902	1.187	0.602	10.997	8.090	0.359	8.562	4.921	0.740
1.833	1.058	0.732	9.272	6.679	0.388	5.886	4.377	0.345
1.772	1.058	0.675	8.301	5.738	0.447	3.211	3.852	-0.166
1.696	0.932	0.820	7.148	4.681	0.527	1.605	3.513	-0.543
1.615	0.807	1.001	5.995	3.862	0.552	1.070	3.021	-0.646
1.542	0.685	1.252	4.842	3.097	0.563	0.535	2.704	-0.802
1.471	0.564	1.606	3.689	2.525	0.461			
1.400	0.446	2.137	2.536	2.252	0.126			
1.329	0.446	1.978	1.384	2.252	-0.386			
1.190	0.446	1.665	1.153	2.118	-0.456			
1.033	0.331	2.125	0.922	1.987	-0.536			
0.876	0.331	1.651	0.692	1.607	-0.570			
0.719	0.217	2.319	0.461	1.485	-0.689			
0.563	0.217	1.595	0.231	1.364	-0.831			
0.406	0.217	0.872						
0.249	0.217	0.148						
0.092	0.105	-0.124						

Sumber : Data Primer Setelah Diolah, 2012

Data debit dan kesalahan relatif pada titik 1 sub-DAS Ta'Deang

Pengamatan 1			Pengamatan 2			Pengamatan 3		
Q _{ht}	Q _{uk}	E _{rel}	Q _{ht}	Q _{uk}	E _{rel}	Q _{ht}	Q _{uk}	E _{rel}
0.000	0.063	-1.000	0.000	0.344	-1.000	0.000	0.284	-1.000
0.102	0.344	-0.704	0.000	0.396	-1.000	0.000	0.385	-1.000
0.860	1.048	-0.179	0.000	0.449	-1.000	0.000	0.492	-1.000
2.131	1.614	0.320	0.000	0.503	-1.000	0.000	0.661	-1.000
2.879	2.088	0.379	0.000	0.673	-1.000	6.635	2.156	2.078
3.024	3.447	-0.123	0.000	2.088	-1.000	21.704	15.798	0.374
2.810	2.967	-0.053	6.404	4.270	0.500	35.195	31.659	0.112
2.478	2.874	-0.138	12.310	6.486	0.898	39.765	39.908	-0.004
2.215	2.514	-0.119	14.757	8.910	0.656	35.076	34.150	0.027
2.025	2.340	-0.135	18.575	16.271	0.142	28.793	28.542	0.009
1.875	2.255	-0.169	17.738	14.831	0.196	22.961	23.800	-0.035
1.715	2.088	-0.179	17.064	13.960	0.222	16.583	19.427	-0.146
1.594	1.926	-0.172	15.591	12.120	0.286	10.205	15.798	-0.354
1.523	1.768	-0.138	15.079	10.849	0.390	7.016	11.995	-0.415
1.458	1.614	-0.097	13.351	9.490	0.407	3.827	8.923	-0.571
1.388	1.466	-0.053	12.166	7.128	0.707	1.913	6.611	-0.711
1.318	1.322	-0.003	11.867	6.612	0.795	1.276	5.150	-0.752
1.248	1.182	0.056	10.088	5.627	0.793	0.638	4.366	-0.854
1.191	1.048	0.136	8.687	5.044	0.722			
1.141	0.918	0.243	7.286	4.706	0.548			
1.091	0.793	0.376	5.884	4.058	0.450			
1.042	0.673	0.547	4.483	3.349	0.339			
0.951	0.559	0.703	3.082	2.782	0.108			
0.834	0.449	0.857	2.242	2.088	0.074			
0.716	0.344	1.079	1.961	1.393	0.408			
0.598	0.245	1.441	1.681	0.793	1.119			
0.481	0.151	2.179	1.401	0.396	2.538			
0.363	0.063	4.781	1.121	0.294	2.811			
0.246	0.063	2.908	0.560	0.245	1.286			
0.128	0.021	5.178	0.280	0.245	0.143			

Sumber :Data Primer Setelah Diolah, 2012

Lampiran 12. Alat Yang Digunakan Pada Saat Penelitian Berlangsung



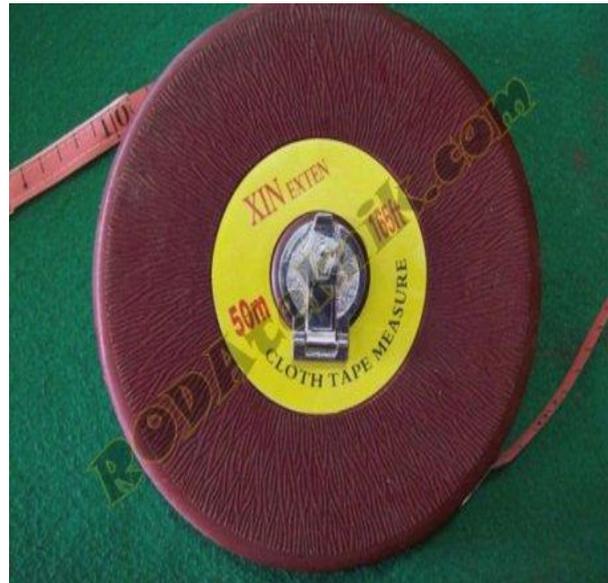
a. Current meter



b. Global Positioning system (GPS)



c. Tali

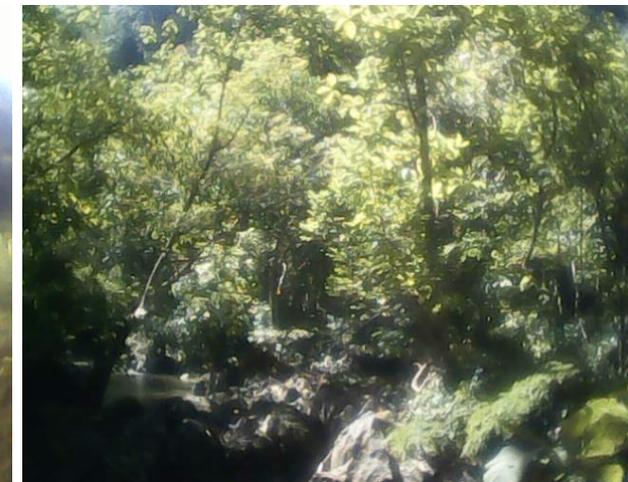


d. Rol Meter

Lampiran 13.Foto - Foto Penelitian



Pengukuran Kecepatan Aliran, Luas Penampang Sungai

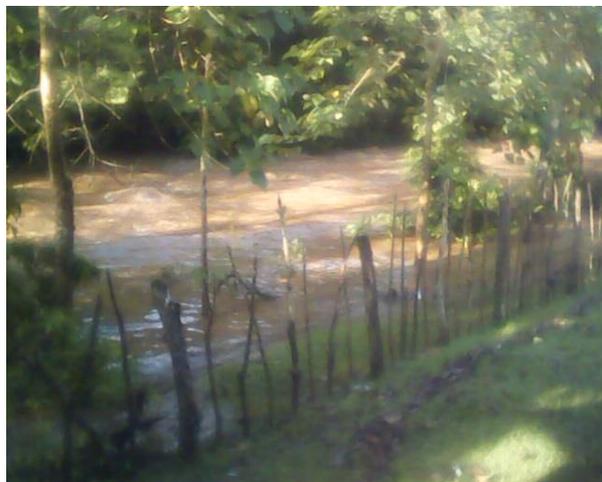




Lokasi Sekitar Daerah Penelitian



Kondisi Sungai Pra Banjir



Kondisi Sungai Saat Banjir