

**STUDI LIMPASAN PERMUKAAN PADA TANAH LEMPUNG
PLASTISITAS RENDAH DENGAN PERCOBAAN
LABORATORIUM**

OLEH :

**ZULVYAH FAISAL
P2301206002**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL KEAIRAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2008**

HASIL PENELITIAN

**STUDI PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN DAERAH
ALIRAN SUNGAI SAUSU DI SULAWESI TENGAH**

Disusun dan diajukan oleh

ENDANG SUKANDAR ALLIS

Nomor Pokok P2301204002

telah diperiksa dan disetujui
untuk diujikan

Menyetujui
Komisi Penasihat

Prof. Dr. Ir. Mary Selintung, M. Sc

Ketua

Prof. Dr. Ir. H. Muh. Saleh Pallu, M. Eng

Anggota

Ketua Program Studi Teknik Sipil,

Prof. Dr. Ing. Herman Parung, M. Eng

LEMBAR PENGESAHAN

**JUDUL PENELITIAN: STUDI PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN
DAERAH ALIRAN SUNGAI SAUSU DI
SULAWESI TENGAH”**

NAMA : ENDANG SUKANDAR ALLIS

NOMOR POKOK : P2301204002

PROGRAM STUDI : TEKNIK SIPIL KEAIRAN

**Menyetujui
Komisi Penasihat**

Prof. Dr. Ir. H. Muh. Saleh Pallu, M. Eng

Ketua

Prof. Dr. Ir. H. Muh. Saleh Pallu, M. Eng

Anggota

Ketua Program Studi Teknik Sipil,

Prof. Dr. Ing. Herman Parung, M. Eng

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Zulvyah Faisal
Nomor mahasiswa : P2301206002
Program studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 1 Agustus 2008

Yang menyatakan

Zulvyah Faisal

ABSTRAK

ZULVYAH FAISAL, *Studi Limpasan Permukaan Pada Tanah Lempung Plastisitas Rendah Dengan Percobaan Laboratorium* (dibimbing oleh H.M.Saleh Pallu dan Mukhsan Putra Hatta).

Studi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi intensitas hujan terhadap limpasan permukaan pada tanah lempung, pengaruh variasi kepadatan tanah terhadap limpasan permukaan pada tanah lempung, dan untuk menggambarkan hidrograf yang terjadi pada tanah lempung.

Untuk memperoleh hasil sesuai dengan tujuan diatas, dilakukan percobaan laboratorium dengan menggunakan Alat Simulator Hujan. Tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah lempung plastisitas rendah. Karakteristik tanah yang digunakan didapat dengan uji material pada laboratorium mekanika tanah. Variasi intensitas hujan yang digunakan adalah 40 mm/jam, 60 mm/jam dan 80 mm/jam. Tingkat kepadatan yang digunakan 85%, 90% dan 95%. Kemiringan permukaan diatur 15% dan 30%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar intensitas hujan maka akan semakin banyak terjadinya limpasan permukaan, di mana terjadi peningkatan dengan kisaran antara 34,24% sampai dengan 77,14%. Untuk pengaruh kepadatan tanah terhadap limpasan permukaan, tidak terjadi pengaruh yang besar, hanya terjadi sedikit peningkatan sebesar 2,77% hingga 14,24%. Pola limpasan akibat adanya hujan dapat menimbulkan variasi dalam bentuk hidrograf, di mana hidrograf limpasan mengalami kenaikan puncak hidrograf sebagai akibat variasi intensitas.

ABSTRACT

ZULVYAH FAISAL, *The Study of Surface Run-Off in Low Plasticity Clay Soil Through Laboratory Experiment* (Supervised by H.M.Saleh Pallu and Mukhsan Putra Hatta).

The study was aimed to understand the effect of rainfall intensity variation to surface run-off in clay soil, the effect of soil density variation to surface run-off in clay soil, and to describe the hydrograph that occur in clay soil.

To obtain results appropriate to the objectives mentioned above, a laboratory experiment using Rainfall Simulator Apparatus was conducted. Soil samples used in the experiment was low plasticity clay soil. Soil characteristics of soil samples used were determined by material testing in soil mechanics laboratory. Rainfall intensity variations used were 40 mm/hour, 60 mm/hour and 80 mm/hour. The rates of soil density used were 85%, 90% dan 95%. Surface tilts used were arranged in 15% and 30%.

The study results have shown that the larger the rainfall intensity, the more the surface run-off, which increases shown ranged from 34,24% to 77,14%. For the effect of soil density variation to surface run-off, there were only small increases ranging from 2,77% hingga 14,24%. Run-off pattern by rainfall had effects of variations in the form of hydrograph, that the run-off hydrograph would have peak inclinations as the effect of rainfall intensity variation.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga tesis ini dapat diselesaikan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.

Shalawat dan Salam atas junjungan kami Rasulullah Muhammad SAW, yang menjadi tauladan dalam kehidupan kami.

Adapun tesis ini merupakan salah satu syarat dalam rangka penyelesaian studi pada program magister Teknik Sipil Keairan Pascsarjan Universitas Hasanuddin.

Banyak kendala yang dihadapi oleh penulis dalam rangka penyusunan tesis ini, yang hanya berkat bantuan berbagai pihak, maka tesis ini selesai pada waktunya. Pada kesempatan ini penulis dengan tulus menyampaikan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada Prof. Dr. Ir. H. Muh. Saleh Pallu, M.Eng sebagai Ketua Komisi Penasihat dan Dr.-Eng. Mukhsan Putra Hatta, ST. MT. sebagai Anggota Komisi Penasihat atas bantuan dan bimbingan yang telah diberikan mulai dari pemilihan tema, pelaksanaan penelitian sampai dengan penulisan tesis ini. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada Prof. Dr. Ir. Mary Selitung, MSc, Prof. Dr-Ing. Herman Parung, M.Eng., dan Dr. Ir. Arsyad Thaha, MT., selaku anggota tim penilai yang telah banyak memberikan masukan yang bersifat membangun dan saran-saran yang sangat bermanfaat terhadap penyelesaian tesis ini. Demikian pula kami mengucapkan terima kasih kepada Ir. Rahman, MT dan

Ir. Elifas Bunga atas bantuan dan saran-sarannya selama penyelesaian tesis ini. Tak lupa kami mengucapkan terima kasih pula kepada laboran Laboratorium Mekanika Tanah dan Hidrolika atas berbagai fasilitas dan bantuan yang diberikan selama penelitian, serta teman-teman mahasiswa S1 Teknik Sipil yang telah banyak bekerjasama dalam penyelesaian penelitian ini.

Kepada kedua orang tua (Ayahanda Faisal Yusuf dan Almarhumah Ibunda St.Rukiah) atas doa, dukungan dan dorongan yang diberikan kepada kami. Untuk suami tercinta (Muhammad Ihsan) dan Anakda Aish tersayang telah memberi banyak inspirasi, masukan, perhatian dan kasih sayangnya. Untuk rekan-rekan angkatan 2006, Ibu Maria, Suryani, Sugiarto dan Bambang, atas bantuan dan kerjasamanya selama ini, semoga Allah membalas dengan pahala yang berlipat ganda.

Makassar, 31 Juli 2008

Zulvyah Faisal

DAFTAR ISI

	halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iii
PRAKATA	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	2
D. Batasan Masalah	3
E. Manfaat Penelitian	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Limpasan Permukaan	5
B. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Limpasan Permukaan	7
C. Pendugaan Limpasan Permukaan	10
D. Intensitas Hujan	18
E. Tanah	19
F. Hidrograf	21
BAB III. METODE PENELITIAN	25
A. Jenis Penelitian dan Kerangka Pikir Penelitian	25

B. Lokasi dan Waktu Penelitian	32
C. Bahan Utama	32
D. Peralatan Penelitian	32
E. Pelaksanaan Penelitian di Laboratorium	35
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	38
A. Hasil Pemeriksaan Tanah	38
B. Hasil Pengujian Intensitas Hujan	40
C. Hasil dan Pembahasan Aliran Permukaan	41
D. Memprediksi Hasil Aliran Permukaan	56
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	61
A. Kesimpulan	61
B. Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

halaman

Tabel 1. Nilai koefisien limpasan permukaan (C) dari berbagai tipe penutup tanah dengan topografi dan tekstur tanah yang berbeda	11
Tabel 2. Karakteristik areal tangkapan (CC)	13
Tabel 3. Limpasan Permukaan dari suatu areal tangkapan (m ³ /dt)	14
Tabel 4. Bilangan kurva limpasan permukaan (CN) untuk kondisi hujan awal	15
Tabel 5. Keadaan dan intensitas hujan	20
Tabel 6. Indeks Plastisitas dan macam tanah	21
Tabel 7. Hasil pemeriksaan tanah	39
Tabel 8. Pengukuran intensitas hujan buatan	40
Tabel 9. Aliran permukaan maksimum (ml atau cm ³) terhadap kepadatan dan kemiringan dengan variasi intensitas (mm/jam)	41
Tabel 10. Aliran permukaan maksimum (ml atau cm ³) terhadap intensitas dan kemiringan dengan variasi kepadatan	46

DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 1 . Hubungan Antara limpasan permukaan dan curah hujan pada rbagai intensitas hujan (Khasanah et al., 2004)	9
Gambar 2 . Gambar Hidrograf	23
Gambar 3. Pembentukan Hidrograf dengan Unit Hidrograf	24
Gambar 4. Hubungan waktu (T) dan debit (Q) pada hidrograf satuan	24
Gambar 5. Hidrograf limpasan langsung dengan kenaikan debit (Q) dan intensitas (I)	25
Gambar 6. Kerangka Pikir Penelitian	27
Gambar 7a. Bagan alir penelitin	28
Gambar 7b. Bagan alir penelitian	29
Gambar 8. Bagan alir penelitian di laboratorium mekanika tanah	30
Gambar 9. Bagan alir penelitian di laboratorium hidrolika	31
Gambar 10. Alat simulasi hujan	33
Gambar 11. Alat Pengatur Kemiringan	34
Gambar 12. Hubungan limpasan permukaan (cm^3) dengan intensitas hujan (mm/jam) pada kemiringan 15°	41
Gambar 13. Hubungan limpasan permukaan (cm^3) dengan intensitas hujan (mm/jam) pada kemiringan 15°	43
Gambar 14. Hubungan jumlah limpasan (cm^3) kepadatan tanah (gr/cm^3) pada kemiringan 15°	46
Gambar 15. Hubungan jumlah limpasan (cm^3) kepadatan tanah (gr/cm^3) pada kemiringan 30°	48
Gambar 16. Grafik Hidrograf pada kemiringan 15° dan tingkat kepadatan 85% dengan variasi intensitas	50
Gambar 17. Grafik Hidrograf pada kemiringan 15° dan tingkat kepadatan 90% dengan variasi intensitas	51
Gambar 18. Grafik Hidrograf pada kemiringan 15° dan tingkat kepadatan 95% dengan variasi intensitas	52

Gambar 19. Grafik Hidrograf pada kemiringan 30° dan tingkat kepadatan 85% dengan variasi intensitas	53
Gambar 20. Grafik Hidrograf pada kemiringan 30° dan tingkat kepadatan 90% dengan variasi intensitas	54
Gambar 21. Grafik Hidrograf pada kemiringan 30° dan tingkat kepadatan 95% dengan variasi intensitas	55
Gambar 22. Grafik regresi hubungan jumlah aliran permukaan dan intensitas hujan (mm/jam) pada kemiringan 15° ?	57
Gambar 23. Grafik regresi hubungan jumlah aliran permukaan dan intensitas hujan (mm/jam) pada kemiringan 15° ?	58

DAFTAR LAMPIRAN

nomor

1. Pemeriksaan Kadar Air
2. Pengujian Analisis Saringan
3. Grafik Analisa Saringan
4. Pemeriksaan Batas-batas Atterberg (Batas Cair)
5. Pemeriksaan Batas-Batas Atterberg (Batas Plastis)
6. Perhitungan Percobaan Kompasi
7. Grafik Hubungan Kadar Air Dengan Berat Isi Kering
8. Berat Jenis Spesifik
9. Percobaan Kepadatan Penelitian
10. Tabel Pengamatan Limpasan Permukaan
11. Foto-Foto Penelitian

DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang/Singkatan	Arti dan keterangan
Q	Debit Air (m^3/s)
I	Intensitas maksimum (mm/jam)
A	Luas penampang air (m^2)
C	Koefisien limpasan permukaan
V	Kecepatan air melalui penampang (m/s)
<i>Run Off</i>	Limpasan permukaan
DAS	Daerah Aliran Sungai
CN	Kurva limpasan permukaan
et al.	et all, dan kawan-kawan
I_t	Intensitas curah hujan rata-rata dalam t jam
L.L	<i>Liquid Limit</i> (batas cair)
P.L	<i>Plasticity Limit</i> (batas plastis)
PI	<i>Plasticity Index</i> (indeks plastisitas)
PVC	<i>Poly Vinyl Chloride</i>
S.L	<i>Shrinkage Limit</i> (batas susut)
t	Waktu (menit)
USCS	<i>Unified Soil Classification System</i>
US-SCS	<i>U.S. Soil Conservation Service</i>
V	Kecepatan air melalui penampang (m/s)
w_c	Kadar Air
?	Kepadatan Tanah

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Limpasan permukaan disuplai oleh curah hujan dan dihabiskan oleh infiltrasi. Sebagai akibat dari variasi-variasi faktor ini, ditambah dengan kekasaran dan unsur-unsur topografi, aliran permukaan mempunyai bentuk yang berubah-ubah dan tak tunak (*unsteady*). Untuk mengetahui limpasan permukaan dapat digunakan metode analitis, grafis, lapangan dan laboratorium.

Jumlah dan kecepatan limpasan permukaan selain bergantung pada luas areal tangkapan, juga tidak kalah pentingnya pada intensitas hujan dan kondisi fisik seperti kepadatan tanah, keadaan penutup lahan serta kemiringan lereng. Limpasan permukaan dengan jumlah dan kecepatan yang besar sering menyebabkan pemindahan atau pengangkutan massa tanah besar-besaran pula. Bila hujan yang jatuh deras dan lama, maka kelebihan limpasan permukaan menjadi lebih besar. Inilah yang diistilahkan dengan banjir. Atas dasar ini pengetahuan mengenai limpasan memang penting.

Air hujan yang jatuh ke permukaan bumi bervariasi baik dari lamanya hujan (durasi) maupun intensitasnya. Hal ini menyebabkan turunnya hujan pada suatu daerah dengan durasi dan intensitas tertentu

akan membuat atau justru menjadi suatu permasalahan bagi suatu daerah. Adapun besarnya limpasan berbeda sesuai dengan keadaan tanah dari daerah yang bersangkutan, karena tekstur topografi atau tingkat kepadatan tanahnya.

Masalah yang berhubungan dengan limpasan ini dapat diatasi dengan melakukan tindakan/pendekatan awal yaitu dengan menganalisa kajian **Studi Limpasan Permukaan pada Tanah Lempung Dengan Percobaan Laboratorium.**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, dapat dirumuskan permasalahan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi intensitas hujan, kepadatan tanah dan kemiringan terhadap limpasan permukaan pada tanah lempung plastisitas rendah?
2. Bagaimana tinjauan hidrograf akibat limpasan permukaan yang terjadi pada tanah lempung akibat adanya variasi intensitas hujan, kepadatan tanah dan kemiringan ?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk mengidentifikasi dan menguraikan besarnya pengaruh variasi intensitas hujan, kepadatan tanah dan kemiringan lahan terhadap limpasan permukaan pada tanah lempung plastisitas rendah.

2. Untuk menggambarkan hidrograf yang terjadi pada tanah lempung plastisitas rendah akibat adanya variasi intensitas hujan, kepadatan tanah dan kemiringan.

E. Batasan Masalah

Untuk terarahnya penelitian ini, maka diberi batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Percobaan yang dilakukan dengan menggunakan alat Rainfall Simulator.
2. Material tanah yang digunakan adalah tanah lempung dengan plastisitas rendah.
3. Variasi intensitas hujan yang digunakan adalah 40 mm/jam mewakili hujan normal, 60 mm/jam dan 80 mm/jam mewakili hujan lebat.
4. Tingkat kepadatan tanah berdasarkan kepadatan maksimum yang didapatkan dari laboratorium yaitu $1,701 \text{ gr/cm}^3$ merupakan kepadatan 100%, sehingga kepadatan yang digunakan adalah $1,45 \text{ gr/cm}^3$ (85% dari kepadatan maksimum), $1,53 \text{ gr/cm}^3$ (90% dari kepadatan maksimum), dan $1,62 \text{ gr/cm}^3$ (95% dari kepadatan maksimum).
5. Pemadatan tanah dilakukan dengan menggunakan alat kompaksi standar.
6. Kemiringan yang digunakan adalah 15° berdasarkan klasifikasi medan pada penggolongan lereng termasuk kategori bukit $10^\circ - 24,9^\circ$ dan kemiringan 30° termasuk kategori pegunungan $> 25^\circ$.

7. Kondisi permukaan tanah yang ditinjau pada kondisi tanah tanpa vegetasi.

E. Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan masukan sebagai upaya pemanfaatan proses limpasan permukaan secara optimal dan sebagai perbandingan terhadap teori-teori yang ada dan kondisi yang ada dilapangan.
2. Sebagai bahan pengembangan teori dan pedoman dalam rangka pengembangan ilmu pengetahuan serta sebagai referensi bagi peneliti selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Limpasan Permukaan

Pengertian Limpasan Permukaan di dalam bahasa Inggris dikenal sebagai *run off* yang berarti bagian air hujan yang mengalir ke sungai atau saluran, danau atau laut berupa aliran di atas permukaan atau aliran di bawah permukaan. Akan tetapi di dalam hidrologi istilah *run off* dipergunakan untuk aliran di permukaan bumi bukan aliran di bawah permukaan. Dalam pengertian ini *run off* dapat berarti aliran di atas permukaan tanah sebelum air itu sampai ke dalam saluran atau sungai, dan aliran air di dalam sungai, sehingga limpasan permukaan didefinisikan air yang jatuh langsung (hujan) di permukaan bumi. Bagian dari air tersebut yang sampai ke permukaan akan mengalir di permukaan atau masuk dalam tanah. Air yang mengalir di permukaan tanah disebut aliran permukaan (Arsyad, 1989). Menurut Rahim (2000), limpasan permukaan sebagian dari air hujan yang mengalir di atas permukaan tanah.

Limpasan permukaan adalah air yang mencapai sungai tanpa mencapai permukaan air tanah, yakni curah hujan yang dikurangi sebagian dari besarnya infiltrasi. Besarnya air yang tertahan dan besarnya genangan. (Sosrodarsono dan Takeda, 1993). Menurut Asdak (1995), limpasan permukaan (*run off*) adalah bagian dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju ke sungai, danau atau lautan.

Limpasan permukaan berlangsung ketika jumlah curah hujan melampaui infiltrasi air ke dalam tanah. Jumlah air yang menjadi limpasan ini sangat bergantung kepada jumlah air hujan persatuan waktu (intensitas), keadaan penutup tanah, topografi (terutama kemiringan lereng), jenis tanah dan ada atau tidaknya hujan yang terjadi sebelumnya (kadar air tanah sebelum terjadinya hujan).

Pada waktu terjadinya hujan, butir-butir air hujan dengan gaya kinetiknya menimpa tanah (terutama tanah-tanah gundul) dan memecahkan bongkah-bongkah tanah atau agregat-agregat tanah menjadi partikel-partikel yang lebih kecil. Partikel-partikel tersebut mengikuti infiltrasi lalu menyumbat pori tanah. Akibatnya apabila hujan semakin lebat atau berlangsung lebih lama maka akan terbentuklah limpasan permukaan dengan jumlah dan kecepatan tertentu.

Sifat-sifat aliran permukaan :

- a. Jumlah aliran permukaan, yaitu jumlah air yang mengalir dipermukaan tanah untuk suatu masa hujan atau masa tertentu dinyatakan dalam tinggi air (mm atau cm) atau volume air (meter kubik).
- b. Laju aliran permukaan, yaitu jumlah atau volume air yang mengalir melalui suatu titik per detik atau per jam, dinyatakan dalam m³ per detik atau m³ per jam. Laju aliran permukaan dikenal juga dengan istilah debit. Besarnya debit ditentukan oleh luas penampang air dan kecepatan alirannya, yang dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$Q = A V \quad (1)$$

Dimana : Q = debit air ($m^3/detik$)

A = luas penampang air (m^2)

V = kecepatan air melalui penampang tersebut ($m/detik$)

- c. Kecepatan aliran, kecepatan aliran permukaan dipengaruhi oleh dalamnya aliran atau radius hidrolis, kekerasan permukaan dan kecuraman lereng.
- d. Komposisi aliran permukaan, air aliran permukaan mengandung bahan-bahan padat yang tersuspensi dan bahan kasar (Arsyad, 1989).

B. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Limpasan Permukaan

Faktor-faktor yang mempengaruhi limpasan permukaan dapat dikelompokkan ke dalam faktor-faktor yang berhubungan dengan curah hujan dan yang berhubungan dengan karakteristik daerah aliran sungai. Lama waktu hujan, intensitas dan penyebaran hujan mempengaruhi laju dan volume limpasan permukaan. Aliran permukaan total untuk suatu hujan secara langsung berhubungan dengan lama waktu hujan untuk intensitas tertentu. Infiltrasi akan berkurang pada tingkat awal suatu kejadian hujan. Oleh karenanya, hujan dengan waktu yang singkat tidak banyak menghasilkan aliran permukaan. Pada hujan dengan intensitas yang sama dan waktu yang lebih lama, akan menghasilkan aliran permukaan yang lebih besar.

Intensitas hujan akan mempengaruhi laju dan volume aliran permukaan. Pada hujan dengan intensitas tinggi, kapasitas infiltrasi akan

terlampau dengan beda yang cukup besar dibandingkan dengan hujan yang kurang intensif. Dengan demikian, total volume aliran permukaan akan lebih besar pada hujan intensif dibandingkan dengan hujan yang kurang intensif meskipun curah hujan total untuk kedua hujan tersebut sama besarnya. Namun demikian, hujan dengan intensitas tinggi dapat menurunkan infiltrasi akibat kerusakan struktur permukaan tanah yang ditimbulkan oleh tenaga kinetis hujan dan aliran permukaan yang dihasilkannya.

Laju dan volume aliran permukaan dipengaruhi oleh penyebaran dan intensitas curah hujan di suatu DAS yang bersangkutan. Umumnya, laju aliran permukaan dan volume terbesar terjadi jika hujan turun merata di suatu DAS.

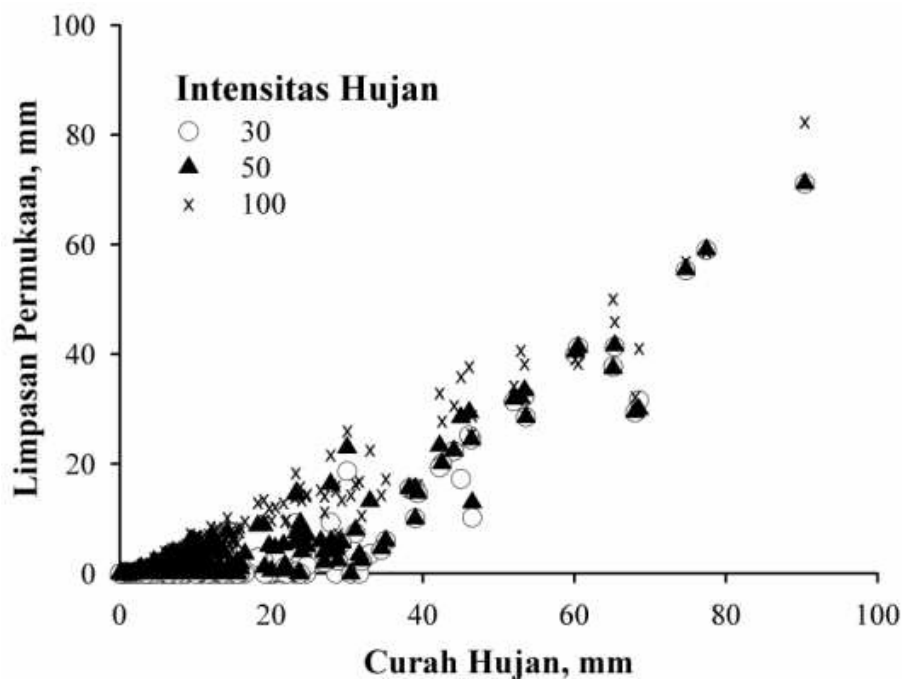
Pengaruh vegetasi dan cara bercocok bertanam terhadap aliran permukaan dapat diterangkan bahwa vegetasi memperlambat jalannya aliran permukaan dan memperbesar jumlah air yang tertahan di atas permukaan tanah (*surface detention*) dan dengan demikian, menurunkan laju aliran permukaan. Menurut Sasdarsono dan Takeda, (1993). Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat-sifat aliran permukaan adalah sebagai berikut:

- curah hujan, jumlah, laju dan distribusi.
- temperatur.
- tanah, tipe, substratum dan topografi.
- luas daerah aliran.

- tanaman/tumbuhan penutup tanah.
- sistem pengelolaan tanah.

Menurut Rahim, (2000) jumlah air yang menjadi limpasan ini sangat bergantung kepada jumlah air hujan per satuan waktu (intensitas), keadaan penutup tanah, topografi (terutama kemiringan lereng), jenis tanah dan ada atau tidaknya hujan yang terjadi sebelumnya (kadar air tanah sebelum terjadinya hujan) serta luas areal tangkapan.

Parameter intensitas hujan didefinisikan sebagai sebagai curah hujan per jam (mm jam^{-1}) dan berkaitan dengan parameter durasi atau lamanya hujan. Pada gambar 1 menampilkan prediksi limpasan permukaan pada tiga nilai intensitas hujan yang berbeda, yakni 30, 50 dan 100 yang berpadanan dengan durasi hujan selama 48, 29 dan 14 menit.



Gambar 1. Hubungan antara limpasan permukaan dan curah hujan pada berbagai nilai intensitas hujan (Khasanah et al., 2004)

Secara umum dapat dilihat bahwa hasil sensitivitas limpasan permukaan pada berbagai nilai intensitas hujan menunjukkan peningkatan dengan semakin besarnya nilai intensitas hujan . Hal ini menunjukkan bahwa kondisi tanah yang basah atau kering pada saat terjadi hujan sangat mempengaruhi besarnya limpasan permukaan (Khasanah et al., 2004).

C. Pendugaan Limpasan Permukaan

Pendugaan limpasan permukaan bergantung pada tiga hal. Pertama, bergantung kepada berapa jumlah maksimum curah hujan per satuan waktu (intensitas maksimum). Kedua, bergantung kepada berapa dari curah hujan tersebut menjadi limpasan permukaan (nilai faktor limpasan permukaan). Besarnya nilai faktor ini selain bergantung kepada topografi terutama kemiringan lereng dan tekstur tanah, juga bergantung kepada tipe penutupan tanah serta pengelolaannya. Selain itu debit limpasan permukaan ditentukan oleh faktor ketiga yakni luas areal tangkapan (*catchment area*).

Dalam pendugaan laju puncak limpasan permukaan setidaknya ada tiga metode yang umum digunakan. Pertama adalah metode Rational, kedua metode cook dan ketiga adalah metode US-SCS (U.S. Soil Conservation Service).

Metode Rational

Untuk menduga besarnya laju maksimum limpasan permukaan, maka kita perlu menggunakan rumus berikut yakni :

$$Q \text{ (m}^3\text{/dt)} = 1/360 \times C \times I \times A \quad (2)$$

Dimana : C = koefisien limpasan permukaan

I = intensitas maksimum (mm/jam)

A = luas areal dalam hektar

Koefisien tersebut merupakan kombinasi tiga faktor yaitu topografi datar, bergelombang, dan berbukit; dua kategori tata guna lahan dan tiga tekstur tanah. Variabel lainnya diabaikan. Untuk lahan dengan kondisi areal tangkapan yang berbeda maka nilai C secara keseluruhan merupakan nilai rerata dari nilai C pada masing-masing luasan. Nilai C ini akan digunakan untuk seluruh areal tangkapan. Keuntungan dari metode ini adalah metode ini sederhana dan mudah.

Tabel 1 . Nilai koefisien limpasan permukaan (C) dari berbagai tipe

penutup tanah dengan topografi dan tekstur tanah yang berbeda

Tipe penutup tanah dan topografi	Tekstur Tanah		
	Pasir dan Pasir berlempung	Liat dan lempung berdebu	Liat berat
Hutan			
Datar, 0-5%	0,10	0,30	0,40
Bergelombang, 5-10%	0,25	0,35	0,50
Berbukit, 10-30%	0,30	0,50	0,60
Padang Rumput			
Datar, 0-5%	0,10	0,30	0,40
Bergelombang, 5-10%	0,16	0,36	0,55
Berbukit, 10-30%	0,22	0,42	0,60

Lahan Usaha			
Datar, 0-5%	0,30	0,50	0,60
Bergelombang, 5-10%	0,40	0,60	0,70
Berbukit, 10-30%	0,52	0,72	0,82
Daerah urban	30% area	50% area	70% area
	kedap air	kedap air	kedap air
Datar, 0-5%	0,40	0,55	0,65
Bergelombang, 5-10%		0,65	0,80

Sumber : Supli Effendi Rahim, 2003

Metode Cook

Metode ini diambil dari nama seorang insiyur yang bekerja di Biro Pelayanan Konservasi Tanah Amerika Serikat yang pertama kali mengembangkan rumus ini.

Dalam metode ini dipertimbangkan empat karakter meliputi topografi, infiltrasi tanah, penutupan tanah, dan penyimpanan air pada permukaan. Untuk kondisi Asia belum pernah dilakukan modifikasi. Tetapi Hudson (1986) telah membuat suatu modifikasi untuk kondisi Afrika yang diharapkan juga cocok untuk kondisi Asia termasuk negara kita. Karena penyimpanan air pada permukaan tidak mempunyai efek yang nyata terhadap laju maksimum limpasan permukaan, maka hanya tiga kombinasi yang digunakan. Adapun karakteristik areal tangkapan dari ketiga faktor di adalah sebagai berikut pada tabel 2.

Tabel 2 . Karakteristik areal tangkapan(CC)

Penutup Tanah		Tipe Tanah dan Drainase		Kemiringan Lereng	
Rumput lebat	10	tanah dalam , drainase baik	10	sangat datar	5
Semak/rumput sedang	15	tanah dalam , drainase agak baik	10	sampai landai	10
Lahan Usaha	20	tanah dengan permeabilitas dan kedalaman sedang	25	agak landai	15
Tanah gundul atau tererosi	25	tanah dangkal, drainase terhambat	30	bergelombang	15
		Curam	40	berbukit atau	20
		liat berat kedalaman sedang atau berbatu	50	bergunung	25
		Tanah-tanah dengan permukaan kedap air dan banjir			

Sumber : Hudson, 1986

Metode ini sangat sederhana dan mudah diaplikasikan tapi bergantung kepada keberadaan data yang berasal dari pengukuran di areal tangkapan (daerah aliran sungai). Pendugaan besarnya karakteristik areal tangkapan dilakukan dengan jalan memilih faktor yang paling tepat untuk ketiga faktor yakni penutupan tanah, tipe tanah, dan drainase dan kemiringan lereng. Nilai masing-masing dari ketiga faktor tersebut selanjutnya dijumlahkan.

Selanjutnya besarnya limpasan permukaan yang diduga terjadi dari areal tertentu dapat dibaca langsung dari tabel 3 dibawah ini. Nilai di dalam tabel ini berdimensi dalam meter kubik per detik yang didasarkan pada probabilitas 10 tahun untuk hujan tropika dengan intensitas yang tinggi.

Untuk menghitung laju limpasan permukaan dari suatu areal dengan menggunakan metode cook maka dapat diikuti prosedur berikut. Sebagai misal suatu areal tangkapan merupakan hutan lebat dengan jenis tanah bersolum dalam dan berdrainase baik. Adapun lahan ini mempunyai

kemiringan rata-rata 50% (bergunung). Luas hutan itu adalah 350 hektar. Dari data yang diketahui itu selanjutnya kita hitung nilai karakteristik areal tangkapan (CC), yakni $10 + 10 + 50 = 70$ (lihat tabel 2). Menggunakan tabel 3 maka lihat CC dengan nilai 70 dan selanjutnya baca pada kolom tersebut ke arah bawah sehingga memotong barisan 350 hektar. Dari hasil pembacaan tersebut terdapatlah $62,5 \text{ m}^3/\text{dt}$. Angka ini merupakan besarnya laju limpasan permukaan dari areal tersebut.

Tabel 3. Limpasan Permukaan dari suatu areal tangkapan (m^3/dt)

CC \ A	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
5	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1
10	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,4	1,7	2,0	2,4	2,8	3,2	3,7
15	0,5	0,8	1,1	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	4,0	4,6	5,2
20	0,6	1,0	1,4	1,7	2,2	2,7	3,2	3,8	4,4	5,1	5,8	6,5
30	0,8	1,3	1,8	2,2	2,9	3,6	4,4	5,3	6,3	7,3	8,4	9,5
40	1,1	1,5	2,1	2,9	3,5	4,5	5,5	6,6	7,8	9,1	10,5	12,3
50	1,2	1,8	2,5	3,5	4,6	5,8	7,1	8,5	10,0	11,6	13,3	15,1
75	1,6	2,4	3,6	4,9	6,3	8,0	9,9	11,9	14,0	16,4	18,9	21,7
100	1,8	3,2	4,7	6,4	8,3	10,4	12,7	15,4	18,2	21,2	24,5	28,0
150	2,1	4,1	6,3	8,8	11,6	14,7	18,2	21,8	25,6	29,9	35,0	40,6
200	2,8	5,5	8,4	11,7	15,3	19,1	23,3	28,0	33,1	38,5	45,0	52,5
250	3,5	6,5	9,7	13,2	17,2	21,7	27,0	32,9	39,6	46,9	55,0	63,7
300	4,2	7,0	10,5	14,7	19,6	25,2	31,5	38,3	46,2	54,6	63,7	73,5
350	4,9	8,4	12,6	17,2	23,2	30,2	37,8	46,3	53,8	62,5	71,5	81,0
400	5,6	10,0	14,4	19,4	25,6	33,6	42,2	51,0	60,0	69,3	79,5	90,0
450	6,3	10,5	15,5	21,5	28,5	36,5	45,5	55,5	65,5	76,0	86,5	97,5
500	7,0	11,0	17,0	23,5	31,0	40,5	51,0	62,0	73,0	84,0	95,0	106,6

Sumber : Hudson, 1986

Keterangan : CC = karakteristik DAS

A = luas areal DAS dalam hektare

Metode US-SCS (U.S. Soil Conservation Service)

Metode yang dikembangkan oleh Dinas Konservasi Tanah Amerika atau juga dikenal sebagai Metode SCS paling banyak dimanfaatkan.

Menurut Asdak (1995), metode untuk menentukan volume aliran permukaan pengukuran (Q) tergantung pada curah hujan (P) dan volume limpasan yang tersedia untuk menahan air (S).

$$Q = \frac{(P - 0,2S)^2}{(P - 0,8S)} \quad (3)$$

Dimana : Q = jumlah aliran permukaan

P = curah hujan

S = retensi air potensial maksimum (perbedaan antara curah hujan dan aliran permukaan

Dari penelitian empirik di dapatkan bahwa S dapat diduga dengan persamaan :

$$S = \frac{(25400 - 254)}{CN} \quad (4)$$

Dimana CN dapat diduga dengan prosedur seperti tabel berikut :

Tabel 4. Bilangan kurva limpasan permukaan (CN) untuk kondisi hujan awal

Tata Guna Lahan	Cara bercocok tanam	Keadaan Hidrologi	Kelompok Tanah			
			A	B	C	D
Tidak dikerjakan	Larikan Lurus	-	77	86	91	94
Tanaman berjajar	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
	Teras	Buruk	66	74	80	82
	Teras	Baik	62	71	78	81
Padi, gandum	Larikan Lurus	Buruk	63	74	82	85
	Kontur	Baik	61	73	81	74
	Teras	Buruk	61	72	79	82
	Teras	Baik	59	70	78	81
Tanaman Legum	Larikan Lurus	Buruk	66	77	85	89
	Larikan Lurus	Baik	58	72	81	85
	Kontur	Buruk	64	75	83	85

	Kontur	Baik	55	68	78	83
	Teras	Buruk	63	73	80	83
	Teras	Baik	51	67	76	80
Padang rumput		Buruk	68	79	86	89
		Baik	39	61	74	80
Tegakan hutan tidak rapat		Buruk	45	66	77	83
		Cukup	36	60	73	79
		Baik	25	55	70	77
Tanah pertanian		-	59	74	82	86

Sumber : U.S.SCS,1972

Sistem klasifikasi tanah yang mengelompokkan tanah ke dalam empat kelompok yang sesuai dengan huruf A, B, C, D. Sifat-sifat tanah yang bertalian dengan keempat kelompok tersebut adalah sebagai berikut:

Kelompok A : pasir dalam, loess dalam, debu yang beragregat

Kelompok B : loess dangkal, lempung berpasir

Kelompok C : lempung berliat, lempung berpasir dangkal, tanah berkadar organik rendah dan tanah-tanah berkadar liat tinggi.

Kelompok D : tanah-tanah yang mengembang secara nyata jika basah, liat berat, plastis dan tanah-tanah saline tertentu.

Untuk menduga besarnya volume limpasan permukaan pengukuran ($Q_{\text{pengukuran}}$) menurut Munir dan Suripin (1997), dapat digunakan rumus :

$$Q_{\text{pengukuran}} = \frac{CN_{\text{plot}} \times \text{Runoff terukur}}{CN} \quad (5)$$

Dimana : CN plot = Nilai penggunaan lahan tiap plot

CN = Nilai penggunaan lahan pada sub DAS

Q = Jumlah aliran permukaan ($\text{cm}^3/\text{bln}/\text{ha}$)

Untuk menghitung jumlah run off terukur pada drum penampungan digunakan rumus :

$$\text{Run off terukur} = p \cdot r^2 \cdot t \quad (6)$$

Dimana : r = jari-jari lingkaran drum (cm)

t = tinggi air limpasan permukaan dalam drum (cm)

Metode Pengukuran Langsung

Memperkirakan besarnya aliran permukaan selain dilakukan secara persamaan empiris dapat juga dilakukan dengan cara pengukuran langsung di lapangan. Kekurangan yang diperoleh dengan pendekatan empiris, tingkat akurasi hasil perhitungan tidak sebaik dengan cara pengukuran langsung di lapangan. Ketidakteelitian hasil yang diperoleh menjadi lebih besar apabila persamaan empiris yang digunakan untuk data masukan yang diperlukan berasal atau dikembangkan di tempat yang mempunyai karakteristik biogeofisik dan iklim yang berbeda dari tempat dimana persamaan tersebut diterapkan. Menyadari tentang hal ini, maka apabila dimungkinkan, pengukuran aliran permukaan langsung di lapangan sangat disarankan.

Metode pengukuran langsung dapat dilakukan dengan menggunakan alat simulasi hujan (*Rainfall Simulator*). Prinsip dasar dari alat ini adalah pembuat hujan buatan dengan bermacam-macam intensitas sesuai dengan yang dikehendaki. Hujan buatan akan menyirami suatu petak tanah dengan luasan tertentu yang sebanding dengan ukuran

dari perangkat alat ini. Hasil yang diperoleh dari alat ini merupakan akibat dari adanya perlakuan.

Alat simulasi hujan bisa mendemonstrasikan, dalam skala kecil beberapa proses fisik yang ada dalam bidang hidrologi, juga memiliki kegunaan yang sangat besar yang berhubungan dengan hidrolika teknik.

Telah diperhitungkan bahwa alat ini bisa menkonfigurasi secara cepat semua situasi sederhana dengan aliran 3 D dan melakukan pengukuran level muka air pada tempat yang sesuai dengan model, pengaturan intensitas hujan, memungkinkan untuk mendapatkan hasil yang realistis.

D. Intensitas Hujan

Intensitas hujan sangat menentukan didalam perhitungan limpasan permukaan, yang besarnya dapat diperoleh dari pengamatan di lapangan. Besarnya intensitas hujan akan tergantung pada lebat dan lamanya hujan serta frekuensi hujan dengan membandingkan antara tinggi hujan dengan lamanya hujan dalam satuan mm/jam atau dengan persamaan :

$$I = \frac{d}{t} \quad (7)$$

$$d = \frac{V}{A} \quad (8)$$

Dimana :

I = intensitas hujan (mm/jam)

d = tinggi hujan (mm)

t = waktu (jam)

V = volume hujan dalam suatu daerah (mm^3)

A = luas daerah hujan (mm^2)

Dalam penelitian dengan menggunakan simulator hujan persamaan yang digunakan menghitung intensitas hujan disederhanakan dari persamaan (1) dan (2) tersebut diatas kemudian satuannya dikonversi sehingga menghasilkan persamaan sebagai berikut :

$$I ? \frac{V (ml)}{A (cm^2).t (menit)} \text{-----} > (\text{mm/jam})$$

$$I ? \frac{V.10^3 (mm^3)}{A.10^2(mm).t.1/60 (jam)} \quad (\text{mm/jam})$$

$$I ? \frac{V}{At} \times 600$$

Dimana :

I = intensitas hujan (mm/jam)

V = volume air dalam kontainer (ml)

A = luas permukaan kontainer (cm^2)

T = waktu (menit)

Pada umumnya dikenal 4 model intensitas hujan yaitu :

1. Model dengan intensitas merata (*uniform intensity*).
2. Model dengan intensitas terpusat di depan (*advanced pattern*).
3. Model pertengahan (*intermediate pattern*).
4. Model dengan intensitas terpusat dibelakang (*delayed pattern*).

Intensitas hujan berdasarkan keadaan dan intensitas hujannya dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Keadaan dan intensitas curah hujan

Keadaan Curah Hujan	Intensitas Curah Hujan (mm)	
	1 Jam	24 Jam
Hujan sangat ringan	< 1	< 5
Hujan ringan	1 – 5	5 - 20
Hujan normal	5 – 10	20 – 50
Hujan lebat	10 – 20	50 – 100
Hujan sangat lebat	>20	>100

Pada penelitian ini digunakan intensitas 40 mm/jam, 60 mm/jam dan 80 mm/jam. Dengan asumsi masing-masing mewakili intensitas pada keadaan curah hujan normal dan hujan lebat.

E. Tanah

Dalam pengertian teknik secara umum tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpatikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut.

Ukuran partikel tanah adalah sangat beragam dengan variasi yang cukup besar. Tanah umumnya dapat disebut sebagai kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), atau lempung (*clay*), tergantung pada ukuran partikel yang paling dominan pada tanah tersebut.

Plastisitas Tanah

Apabila tanah berbutir halus mengandung mineral lempung, maka tanah tersebut dapat diremas-remas tanpa menimbulkan retakan. Sifat kohesif ini disebabkan karena adanya air yang terserap di sekeliling permukaan dari partikel lempung.

Pada awal tahun 1990, seorang ilmuwan swedia bernama Atterberg mengembangkan suatu metode untuk menjelaskan sifat konsistensi tanah berbutir halus pada kadar air yang bervariasi. Kadar air dinyatakan dalam persen, dimana batas cair (*liquid limit*) dari keadaan cair ke keadaan plastis, batas plastis (*plastis limit*) didefinisikan sebagai transisi dari keadaan plastis dan keadaan semi padat dan batas susut (*shrinkage limit*) adalah dari keadaan semi padat ke keadaan padat. Plastisitas merupakan karakteristik yang penting dalam hal berbutir halus. Istilah plastisitas melukiskan kemampuan tanah untuk berdeformasi pada volume tetap tanpa terjadi retakan atau remahan. Indeks plastisitas didefinisikan sebagai selisih antara batas cair dan batas plastis.

$$PI = LL - PL$$

Dimana :

PI = Indeks plastis

LL = Batas cair

PL = Batas plastis

Nilai indeks plastisitas untuk berbagai jenis tanah dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 6 . Indeks plastisitas dan macam tanah

PI (%)	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Non Plastis	Pasir	Non Kohesif
<7	Plastisitas Rendah	Lanau	Kohesif
7 – 17	Plastisitas Sedang	Lempung	Sebagian Kohesif
>17	Plastisitas Tinggi	Berlanau Lempung	Kohesif

Kepadatan Tanah

Pemadatan adalah suatu proses menaikkan berat unit tanah dengan memaksa butiran-butiran tanah menjadi lebih rapat dan mengurangi pori-pori udara. Tingkat kepadatan suatu tanah diukur berdasarkan berat volume kering (γ_d) dari tanah yang bersangkutan. Apabila air ditambahkan ke dalam tanah yang sedang dipadatkan, air tersebut berfungsi sebagai pelumas dari butiran tanah sehingga butiran tanah tersebut akan mudah bergerak untuk mendekat satu sama lain hingga keadaan yang paling padat dapat dicapai. Untuk tenaga pemadatan yang sama, berat volume tanah yang dipadatkan meningkat seiring dengan meningkatnya kadar air. Kadar air dimana kepadatan maksimum dicapai oleh suatu tanah dinamakan "kadar air optimum".

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kepadatan tanah adalah :

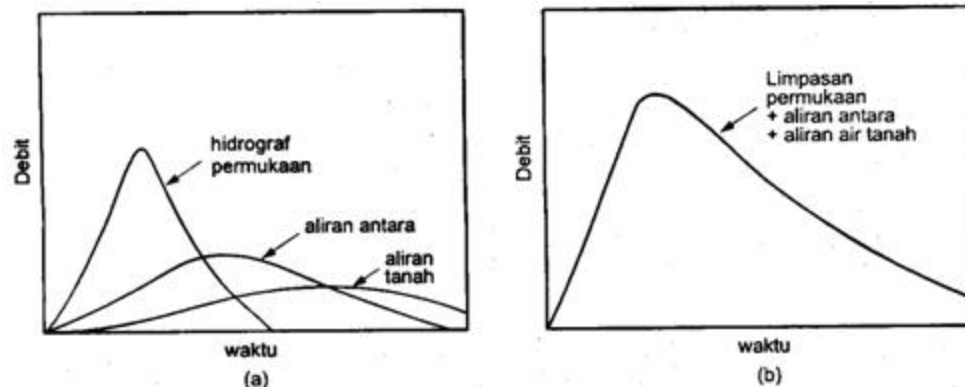
- a. Tipe dari tanah yang dipadatkan yaitu :
 - Pembagian dari ukuran butir tanah
 - Spesifik gravity
 - Bentuk butiran tanah
 - Jumlah dan tipe dari mineral lempung yang dikandung
- b. Kadar air
- c. Tenaga (energi) yang dipakai untuk memadatkan.

F. Hidrograf

Diagram yang menggambarkan variasi debit atau permukaan air menurut waktu disebut hidrograf. Tujuan dalam menganalisa hidrograf adalah untuk mengetahui debit banjir mengingat limpasan permukaan yang merupakan salah satu unsur/bagian dari debit banjir yang menghasilkan puncak-puncak banjir (apabila terjadi hujan lebat).

Hidrograf terdiri dari 3 komponen :

1. Bagian naik (*Rising limb*)
2. Puncak (*Crest*)
3. Bagian resesi (*Recession limb*)



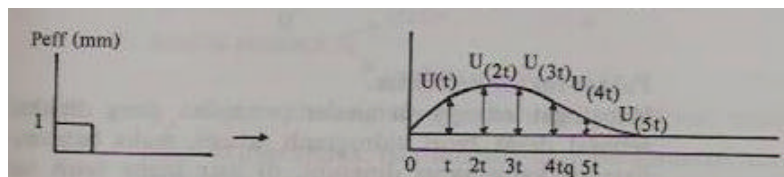
Gambar 2 . Gambar Hidrograf

Dalam penelitian ini yang akan ditinjau adalah hidrograf limpasan. Mencari hubungan antara limpasan permukaan dan hujan sebagai penyebabnya. Untuk suatu daerah tertentu dapat ditentukan bahwa satu satuan hujan (mm atau cm atau inch) yang berlangsung selama t jam

akan menghasilkan suatu karakteristik hidrograf limpasan langsung yang disebut t jam unit hidrograf. Sehingga dapat didefinisikan bahwa :

" t jam unit hidrograf" adalah hidrograf limpasan langsung yang dihasilkan oleh 1 satuan hujan efektif (mm,cm, atau inch) yang jatuh merata selama t jam.

Volume dari unit hidrograf sama dengan volume dari 1 satuan tebal air yang tersebar merata di seluruh luas daerah aliran.



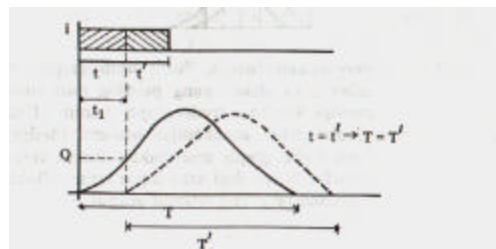
Gambar 3. Pembentukan Hidrograf dengan Unit Hidrograf

Teori hidrograf satuan ini dikemukakan oleh Sherman, pada tahun 1932.

Teori hidrograf satuan didasarkan pada beberapa prinsip/pemisalan :

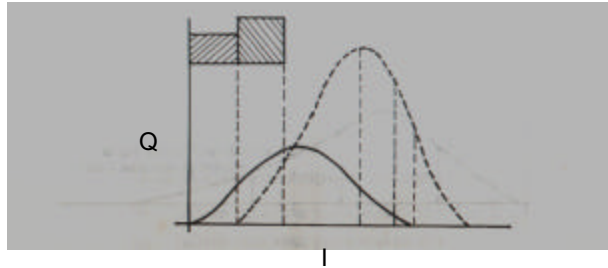
1. Hujan efektif terdistribusi dengan intensitas yang sama (*uniform*) selama periode yang ditentukan.
2. Hujan efektif yang terjadi dengan durasi yang sama, akan menghasilkan run off dengan durasi (*time base*) yang sama pula.

Akan tetapi jumlah limpasan (*run off*) yang terjadi tergantung pada intensitas hujannya. Dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini :



Gambar 4. Hubungan waktu (T) dan debit (Q) pada hidrograf satuan

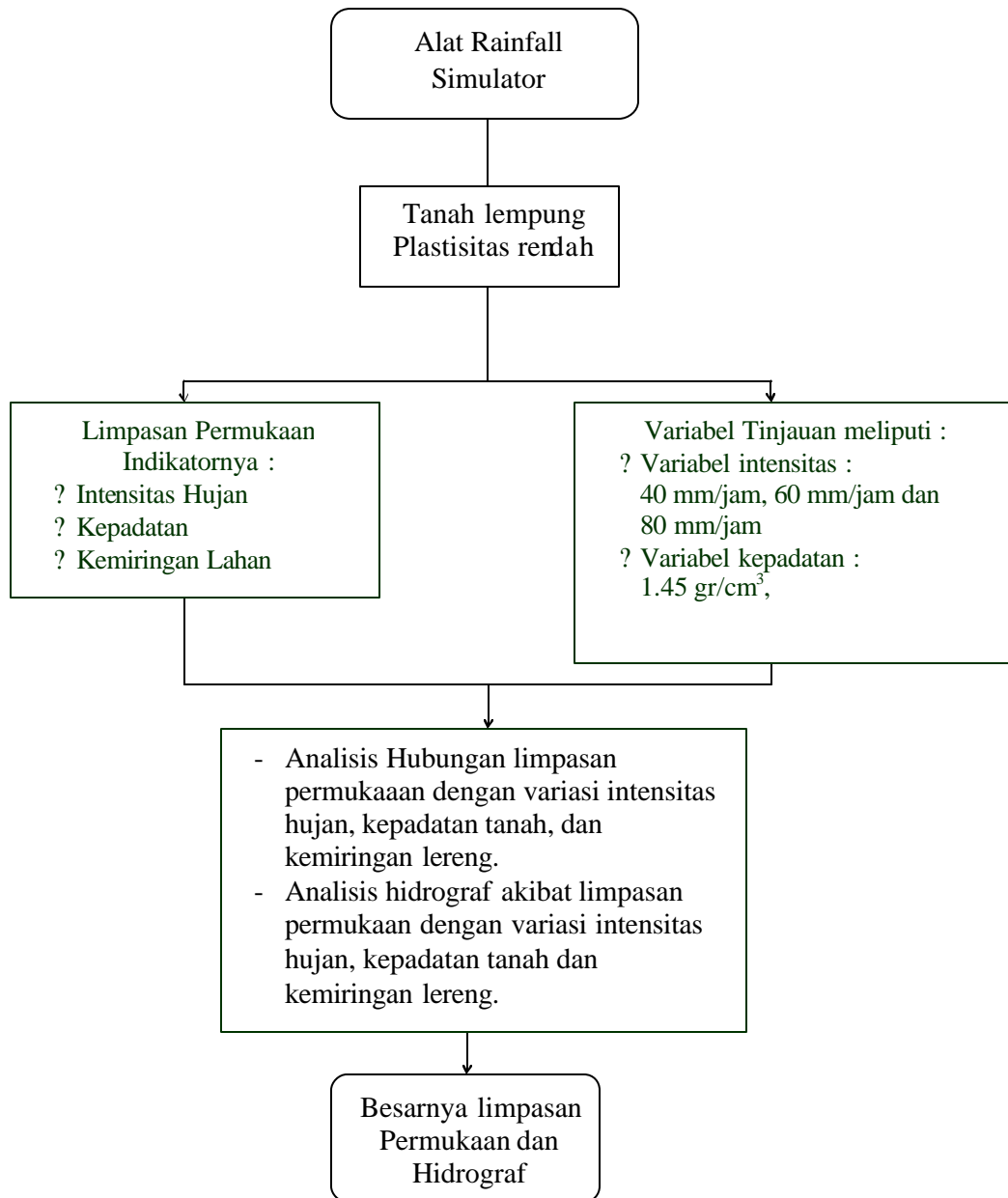
3. Dengan kenaikan intensitas hujan efektif/netto secara proporsional dengan durasi yang sama, akan didapat hidrograf limpasan dengan kenaikan Q sebanding dengan kenaikan intensitas.



Gambar 5. Hidrograf limpasan dengan kenaikan debit (Q) dan intensitas (I)

Unit hidrograf merupakan fungsi response yang bersifat linier dari suatu input hujan efektif menjadi limpasan langsung sebagai output (Martha et al., 1978).

G. Kerangka Pikir Penelitian



Gambar 6. Kerangka Pikir Penelitian