

SKRIPSI

PENGARUH INTENSITAS CURAH HUJAN TERHADAP LIMPASAN
PERMUKAAN DAN KOEFISIEN LIMPASAN PADA VARIASI TUTUPAN
LAHAN MENGGUNAKAN ALAT *RAINFALL SIMULATOR*



WARDATUL MAWARNA,

105 81 2133 14

SITTI R. A. NAHUMARIY

105 81 2136 14

PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

19/12/2020

Red Alim

R/070/518/2020
AMW

**PENGARUH INTENSITAS CURAH HUJAN TERHADAP LIMPASAN
PERMUKAAN DAN KOEFISIEN LIMPASAN PADA VARIASI TUTUPAN
LAHAN MENGGUNAKAN ALAT *RAINFALL SIMULATOR***

Skripsi
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Makassar

disusun dan diajukan oleh:

WARDATUL MAWARNIA

105 81 2133 14

SITTIR A. NAHUMARURY

105 81 2136 14

**PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

2020



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Abdullah No. 257 Telp. (0411) 855 972 Fax (0411) 825 318 Makassar 90221

Website : www.unimuh.ac.id e-mail : unimuh@unimuh.ac.id

Website : <http://teknik.unimuh.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

Judul Skripsi : PENGARUH INTENSITAS CURAH HUJAN TERHADAP LIMPASAN PERMUKAAN DAN KOEFISIEN LIMPASAN PADA VARIASI TUTUPAN LAHAN MENGGUNAKAN ALAT RAINFALL SIMULATOR

Nama : WARDATUL MAWARNI AMSAR
SITI RODHIYAH AULIA NAHUMARURY

Stambuk : 105 81 2133 13
105 81 2135 14

Makassar, 03 Desember 2020

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, MT

Amrullah Mansida, ST., MT., IPM

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Pengairan

Andi Makbul Syamsuri, ST., MT.

NBM : 1183 084



PENGESAHAN

Skripsi atas nama Wardahul Mawami Amsar dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 2133 14 dan Siti Rodhiyah Aulia Nahumary dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 2136 14, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0010/SK-Y/22201/091004/2020, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengelasan Jurusan Teknik Sipl Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 28 November 2020.

Makassar, 18 Rabiul Awwal 1442 H
4 Desember 2020 M

Panitia Ujian

1. Pengawas Umum

- Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar
Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag.
- Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Triha, MT.

2. Penguji :

- Ketua : Dr. Ir. Hj. Sukmantri Ansari, M.Sc.
- Sekretaris : Farida Gaffar, ST., NAI

3. Anggota: 1. Dr. Hj. Arsyun Ali Mustari, ST., MT

2. Dr. Ir. H. Riswal K, MT

3. Ir. Andi Rahmat, MT

Mengetahui :

Pembimbing I

Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, MT

Pembimbing II

Amrullah Mansida, ST., MT., IPM

Dekan



H. Hanzah Al Imran, ST., MT., IPM

NBM : 855 500

PENGARUH INTENSITAS CURAH HUJAN TERHADAP LIMPASAN PERMUKAAN DAN KOEFISIEN LIMPASAN PADA VARIASI TUTUPAN LAHAN MENGGUNAKAN ALAT RAINFALL SIMULATOR

Wardatul Mawarni A.¹⁾, Sitti R. A. Nabumary¹⁾, Farouk Maricar²⁾,
Amrullah Mansida³⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

²⁾ Dosen Departemen Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

³⁾ Dosen Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

Teknik Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar
Jl. Sultan Mansur No. 239, Makassar 90231, Indonesia
e-mail : wardatulmawarni25@gmail.com, sitti.nabumary@gmail.com, amrullahmansida@gmail.com

ABSTRAK

Intensitas curah hujan yang besar atau lama akan menyebabkan pengurangan kapasitas infiltrasi secara kumulatif. Hal ini disebabkan karena adanya pemadatan permukaan tanah yang terjadi karena pukulan butir-butir hujan, pembengkakan (*swelling*), dan penyumbatan pori-pori dengan partikel-partikel kecil yang terbuang masuk bersama dengan air hujan. Kondisi tersebut akan mempengaruhi kondisi limpasan permukaan pada saat terjadi hujan, limpasan akan meningkat dan terjadi banjir yang dapat merugikan daerah aliran sungai (DAS) dan sekitarnya. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh intensitas curah hujan terhadap limpasan permukaan dan koefisien limpasan pada berbagai kondisi tutupan lahan. Pengamatan pada limpasan permukaan dilakukan dengan menggunakan alat *rainfall simulator* dengan memvariasikan intensitas curah hujan pada tanah dengan variasi vegetasi. Hasil analisis menunjukkan pada Flaksonas 1, $287,691 \text{ mm/jam}$, tanah tanpa vegetasi menghasilkan jumlah limpasan lebih tinggi dibanding tanah dengan vegetasi. Pada intensitas 1, $343,204 \text{ mm/jam}$, terjadi peningkatan jumlah limpasan yang signifikan pada tiap variasi vegetasi dimana jumlah limpasan tertinggi dihasilkan pada tanah tanpa vegetasi. Rata-rata koefisien limpasan tertinggi di tiap intensitas dihasilkan pada tanah tanpa vegetasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa intensitas curah hujan (I) berbanding lurus dengan besarnya limpasan permukaan (Q) dan koefisien limpasan (C).

Kata kunci: Intensitas, limpasan, koefisien, tutupan lahan

ABSTRACT

The intensity of large or heavy rainfall will cause a constant reduction in infiltration capacity. The reduction is caused by soil surface compaction that occurs due to raindrops hit, soil swelling, and clogging of soil pores by small particles that carried along with rainwater. This condition will affect the condition of surface runoff when it rains, surface runoff will increase and there will be flooding which can harm watersheds and the surrounding area. The purpose of this research was to observe the effect of rainfall intensity on surface runoff and runoff coefficient under various land cover conditions. The surface runoff was observed using rainfall simulator by applying various intensity to the soil with vegetation variations. The analysis results show that the rainfall intensity of $I_1 = 287,63$ mm/hour, or, without vegetation produces a higher amount of runoff than soil with vegetation (in intensity of $I_1 = 287,63$ mm/hour, there was a significant increase in the amount of runoff in each vegetation treatment where the highest amount of runoff was generated on soil without vegetation. The highest average of runoff coefficient in each intensity was generated on soil without vegetation. The results of this research showed that rainfall intensity (I_1) is directly proportional to the amount of surface runoff (R_2) and runoff coefficient (R_3).

Keywords: Intensity rainfall, coefficient, land cover

KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT., karena rahmat dan bidaday-Nyalah sehingga penulis dapat menyusun tugas akhir ini, dan dapat kami selesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini dibuat sebagai salah satu pernyataan akademik yang harus ditempuh dalam rangka menyelesaikan program studi pada Jurusan Sipil Pengiran Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir kami adalah "Pengaruh Intensitas Curah Hujan Terhadap Limpasan Permukaan dan Koefisien Limpasan pada Variasi Tutupan Lahan Menggunakan Alat Rangka Nalanda".

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa didalam penulisan skripsi tugas akhir ini masih terdapat kekurangan, hal ini disebabkan karena penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan, baik itu ditinjau dari segi teknis penulisan maupun dari perhitungannya. Oleh karena itu, penulis menerima dengan sangat ikhlas dan dengan senang hati segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat.

Tugas akhir ini dapat terwujud berkat adanya bantuan, arahan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. Ambo Aise, M.Ag., sebagai Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.

2. Bapak Ir. Hanzah Ali Imran, S.T., M.T. IPM, sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak Andi Makbul Syamsuri, S.T., M.T., IPM, sebagai Ketua Jurusan Teknik Sipil Pengajaran Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Bapak Dr. Eng. Ir. H. Farouk Minzhat, M.T., selaku Pembimbing I dan Bapak Amrullah Mansida, S.T., M.T. IPM, selaku Pembimbing II, yang banyak meluangkan waktu dalam membimbing kami.
5. Bapak dan Ibu dosen serta para staf pegawai di Fakultas Teknik atas segala waktunya telah bersedia dan meluangkan penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. Ayahanda dan Ibunda, dan juga saudara serta saudara penulis yang selalu memberikan dukungan materi dan moril bagi penulis selagi menyelesaikan skripsi.
7. Rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik terhitung angkatan VEKTOR 2014 yang dengan persaudaraannya banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Teman-teman penulis, dimanapun berada di seluruh penjuru Indonesia.

Semoga semua pihak tersebut di atas mendapat pahala yang berlipat ganda di sisi Allah SWT dan tugas akhir yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi penulis, rekan-rekan, masyarakat serta bangsa dan Negara. Amin.

"Billahti Fii Sabil Haq Fastabiqul Khaerat".

Makassar, 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN KOMISI PENGUJI	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR NOTASI	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
E. Batasan Masalah	4
F. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Tutupan Lahan dan Vegetasi	6
B. Intensitas Curah Hujan	7
C. Limpasan Permukaan (<i>Run-Off</i>)	9

1. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Limpasan Permukaan	10
2. Proses Terjadinya Aliran Permukaan	12
3. Hubungan Curah Hujan Dengan Limpasan	13
4. Pengukuran Debit Limpasan Permukaan	14
5. Perhitungan Debit Limpasan Permukaan	15
D. Koefisien Limpasan	16
E. Rasiofisi Limpasan	17
BAR III METODE PENELITIAN	19
A. Lokasi dan Waktu Penelitian	19
1. Lokasi Penelitian	19
2. Waktu Penelitian	19
B. Bahan dan Alat	19
1. Bahan	19
2. Alat	20
C. Jenis Penelitian dan Sumber Data	22
1. Jenis Penelitian	22
2. Sumber Data	23
D. Prosedur Penelitian	23
1. Tahapan Persiapan	23
2. Tahapan <i>Running Test</i>	23
3. Data dan Variabel Penelitian	26
E. Analisis Data	27
1. Analisa Data Awal	27

2. Analisa Data Akhir	27
F. Bagair dan Alur Penelitian	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
A. Analisa Intensitas Curah Hujan Metode Mononobe	29
B. Debit Limpasan pada <i>Planning Test 1</i> Tanpa Vegetasi	30
C. Debit Limpasan <i>Planning Test 2</i> Dengan Vegetasi Manis	38
D. Debit Limpasan <i>Planning Test 3</i> dengan Vegetasi Gambir	46
E. Pengaruh Intensitas Curah Hujan Terhadap Limpasan Perhitungan	56
F. Pengaruh Intensitas Curah Hujan Terhadap Koefisien Limpasan	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	62
A. Kesimpulan	62
B. Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN	
DOKUMENTASI	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. <i>Rainfall simulator</i>	21
Gambar 2. Tampak samping keadaan tanah dalam hak percobaan	24
Gambar 3. Tampak atas keadaan posisi vegetasi bambu	25
Gambar 4. Tampak atas keadaan posisi vegetasi mangga	25
Gambar 5. Hubungan intensitas dan debit limpasan metode Rasional <i>running test</i> 1 tanpa vegetasi	31
Gambar 6. Hubungan intensitas dan koefisien limpasan pada <i>running test</i> 1 tanpa vegetasi	32
Gambar 7. Hubungan intensitas dan debit limpasan metode Rasional <i>running test</i> 1 tanpa vegetasi	36
Gambar 8. Jumlah debit limpasan intensitas 12 dan 15 dengan <i>rainfall simulator</i> dan metode Rasional pada <i>running test</i> 1 tanpa vegetasi	37
Gambar 9. Hubungan intensitas dan debit limpasan metode Rasional <i>running test</i> 2 vegetasi mangga	39
Gambar 10. Hubungan intensitas dan koefisien limpasan pada <i>running test</i> 2 vegetasi mangga	41
Gambar 11. Hubungan intensitas dan debit limpasan metode Rasional <i>running test</i> 2 vegetasi mangga	44
Gambar 12. Jumlah debit limpasan intensitas 12 dan 15 dengan <i>rainfall simulator</i> dan metode Rasional pada <i>running test</i> 2 vegetasi mangga	46
Gambar 13. Hubungan intensitas dan debit limpasan <i>rainfall simulator</i> <i>running</i>	

test 3 vegetasi bambu	48
Gambar 14. Hubungan intensitas dan koefisien limpasan pada <i>running test 3</i> vegetasi bambu	50
Gambar 15. Hubungan intensitas dan debit limpasan metode Rasional <i>running test</i> 3 vegetasi bambu	53
Gambar 16. Jumlah debit limpasan intensitas 1, 5 dan 15 dengan <i>rainfall simulator</i> dan metode Rasional pada <i>running test 3</i> vegetasi bambu	54
Gambar 17. Hubungan debit dan debit limpasan pada <i>runoff simulator</i> dan hasil metode Rasional	55
Gambar 18. Hubungan intensitas dan debit limpasan pada variasi vegetasi hasil <i>running test</i> dengan <i>rainfall simulator</i> dan metode Rasional	56
Gambar 19. Hubungan variasi vegetasi dan debit limpasan pada tiap intensitas	57
Gambar 20. Hubungan intensitas dan koefisien limpasan pada variasi vegetasi	59
Gambar 21. Hubungan vegetasi dan koefisien limpasan pada tiap intensitas	60

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Klasifikasi Intensitas Hujan	8
Tabel 2. Standar Intensitas Hujan	18
Tabel 3. Keterangan frisk vegetasi mangga	20
Tabel 4. Keterangan frisk vegetasi bambu	20
Tabel 5. Standar intensitas hujan	29
Tabel 6. Rekapitulasi hasil perhitungan koefisien debit hujan	29
Tabel 7. Debit limpasan dengan rumus simulator running test 1 tanpa vegetasi	30
Tabel 8. Koefisien limpasan pada running test 1 tanpa vegetasi	32
Tabel 9. Debit limpasan dengan metode Rasional untuk intensitas I2	34
Tabel 10. Debit limpasan dengan metode Rasional untuk intensitas I5	35
Tabel 11. Debit limpasan intensitas I2 dan I5 dengan rumus simulator dan metode Rasional pada running test 1 tanpa vegetasi	36
Tabel 12. Debit limpasan dengan rumus simulator running test 2 vegetasi mangga	38
Tabel 13. Koefisien limpasan pada running test 2 vegetasi mangga	40
Tabel 14. Debit limpasan dengan metode Rasional untuk intensitas I2 vegetasi mangga	41
Tabel 15. Debit limpasan dengan metode Rasional untuk intensitas I5 vegetasi mangga	43
Tabel 16. Debit limpasan intensitas I2 dan I5 dengan rumus simulator dan metode Rasional pada running test 2 vegetasi mangga	44

Tabel 17. Debit limpasan dengan <i>rainfall simulator running test</i> 3 vegetasi bambu	46
Tabel 18. Koefisien limpasan pada <i>running test</i> 3 vegetasi bambu	48
Tabel 19. Debit limpasan dengan metode Rasumal untuk intensitas 12 vegetasi bambu	50
Tabel 20. Debit limpasan dengan metode Rasumal untuk intensitas 15 vegetasi bambu	51
Tabel 21. Debit limpasan intensitas 12 dan 15 dengan <i>rainfall simulator</i> dan metode Rasumal pada <i>running test</i> 3 vegetasi bambu	53
Tabel 22. Jumlah debit limpasan yang dihasilkan tiap intensitas pada variasi vegetasi	56
Tabel 23. Koefisien limpasan yang dihasilkan tiap intensitas pada variasi vegetasi	59

DAFTAR NOTASI

I	= Intensitas curah hujan
R_{24}	= Curah hujan rencana dalam suatu periode ulang yang nilainya didapat dari tahapan sebelumnya (tahapan analisis frekuensi)
t	= Lamanya curah hujan / durasi curah hujan
P	= curah hujan
f_c	= Kapasitas infiltrasi
d_t	= deflusi langsung tanah
Q	= Debit limpasan
V	= Volume limpasan
C	= Koefisien limpasan
A	= luas area
I_2	= Intensitas curah hujan periode ulang 2 tahun
I_5	= Intensitas curah hujan periode ulang 5 tahun
Intensitas n	= Intensitas curah hujan periode ulang n tahun
Q Maka	= Debit limpasan tertinggi
T_{vg}	= Tanpa vegetasi
V_{mg}	= Vegetasi mangga
V_{bm}	= Vegetasi bambu
V_2T_{vg}	= Volume limpasan 12 rainfall simulator tanpa vegetasi
V_3T_{vg}	= Volume limpasan 15 rainfall simulator tanpa vegetasi
V_2V_{mg}	= Volume limpasan 12 rainfall simulator vegetasi mangga
V_4V_{mg}	= Volume limpasan 15 rainfall simulator vegetasi mangga

V_2Vbm	= Volume limpasan 12 <i>rainfall simulator</i> vegetasi bambu
V_3Vbm	= Volume limpasan 15 <i>rainfall simulator</i> vegetasi bambu
C_2Tvg	= Koefisien limpasan 12 <i>rainfall simulator</i> tanpa vegetasi
C_3Tvg	= Koefisien limpasan 15 <i>rainfall simulator</i> tanpa vegetasi
C_2Vmg	= Koefisien limpasan 12 <i>rainfall simulator</i> vegetasi mangga
C_3Vmg	= Koefisien limpasan 15 <i>rainfall simulator</i> vegetasi mangga
C_2Vbm	= Koefisien limpasan 12 <i>rainfall simulator</i> vegetasi bambu
C_3Vbm	= Koefisien limpasan 15 <i>rainfall simulator</i> vegetasi bambu
Q_1	= Debit limpasan <i>rainfall simulator</i>
Q_R	= Debit limpasan metode rasional
Q_{2Tvg}	= Debit limpasan 12 <i>rainfall simulator</i> tanpa vegetasi (m^3 /detik)
Q_{2Vmg}	= Debit limpasan 12 <i>rainfall simulator</i> vegetasi mangga (m^3 /detik)
Q_{2Vbm}	= Debit limpasan 12 <i>rainfall simulator</i> vegetasi bambu (m^3 /detik)
Q_{3Tvg}	= Debit limpasan 15 <i>rainfall simulator</i> tanpa vegetasi (m^3 /detik)
Q_{3Vmg}	= Debit limpasan 15 <i>rainfall simulator</i> vegetasi mangga (m^3 /detik)
Q_{3Vbm}	= Debit limpasan 15 <i>rainfall simulator</i> vegetasi bambu (m^3 /detik)
Q_{R2Tvg}	= Debit limpasan 12 metode Rasional tanpa vegetasi (m^3 /detik)
Q_{R2Vmg}	= Debit limpasan 12 metode Rasional vegetasi mangga (m^3 /detik)
Q_{R2Vbm}	= Debit limpasan 12 metode Rasional vegetasi bambu (m^3 /detik)
Q_{R3Tvg}	= Debit limpasan 15 metode Rasional tanpa vegetasi (m^3 /detik)
Q_{R3Vmg}	= Debit limpasan 15 metode Rasional vegetasi mangga (m^3 /detik)
Q_{R3Vbm}	= Debit limpasan 15 metode Rasional vegetasi bambu (m^3 /detik)

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam siklus hidrologi, hujan merupakan salah satu materi yang ada pada sirkulasi air dalam siklus hidrologi. Hujan adalah butiran air dari atmosfer yang jatuh ke bumi. Hujan merupakan komponen utama dari air dalam suatu wilayah. Hujan juga merupakan sumber air utama suatu wilayah. Curah hujan yang kecil akan mengakibatkan kesetiimbangan air di suatu wilayah mengalami defisit yang cukup besar, terutama pada wilayah tropis dengan laju evaporasi yang cukup besar. Variabel hujan (presipitasi) diantaranya curahan (total), lama durasi, dan intensitas hujan merupakan variabel yang penting dalam perencanaan dan limpasan permukaan dan rekayasa konservasi tanah dan air (Sulawati, 2012).

Besarnya jumlah hujan yang turun disebut juga dengan intensitas curah hujan yang dinyatakan dalam tinggi curah hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Tingkat intensitas hujan bervariasi, tergantung pada dimensi curah hujan dan frekuensi terjadinya. Intensitas curah hujan yang tinggi pada umumnya berlangsung dengan durasi pendek.

Lama dan intensitas curah hujan yang besar atau lebat akan menyebabkan pengurangan kapasitas infiltrasi secara konstan. Hal ini disebabkan karena adanya pemadatan permukaan tanah terjadi karena pukulan butir-butir hujan, pembengkakan (*swelling*) dan tanah liat, penyumbatan pori-pori dengan partikel-

partikel kecil yang terbawa masuk bersama dengan air hujan, serta timbulnya gelembung-gelembung udara dalam pori-pori tanah.

Dengan adanya kondisi tersebut, akan mempengaruhi kondisi limpasan permukaan yang terjadi pada saat terjadi hujan, sesuai yang dinyatakan oleh **Rudianto Wahyu Prahowo dkk, 2012** bahwa debit limpasan permukaan terjadi jika air hujan yang jatuh lebih besar dari kemampuan infiltrasi pada tanah. Kondisi ini sangat dipengaruhi oleh berbagai hal, diantaranya intensitas curah hujan, karakteristik lahan, karakteristik tanah, kemiringan lahan dan kedalaman tanah. Karakteristik tanah yang mempengaruhi porositas tanah, kapasitas daya tunda, kadar air tanah, tekstur tanah, struktur tanah, kandungan bahan organik tanah, dan keadaan vegetasi permukaan tanah.

Pada pertengahan bulan Januari tahun 2019, sebagian kota Makassar dan 6 Kabupaten di Sulawesi Selatan mengalami banjir. Akibat banjir deras dalam sehari semalam di kabupaten Maros mengakibatkan ketinggian banjir mencapai dada orang dewasa. Ketinggian air di bendungan Bili-Bili pun mencapai 103 meter. Banjir besar yang terjadi dalam sehari semalam ini menandakan adanya masalah pada siklus hidrologi di daerah tersebut. Masalah tersebut dapat terjadi salah satunya akibat dari kurangnya daerah resapan (infiltrasi) dan drainase yang tidak memadai sehingga limpasan membesar dan terjadi banjir yang dipastikan akan merugikan daerah aliran sungai (DAS) dan daerah sekitarnya.

Hal ini membuktikan bahwa dibutuhkan pengetahuan lebih terhadap pengaruh-pengaruh intensitas curah hujan pada berbagai kondisi tutupan lahan,

agar kedepannya kita dapat lebih memahami dan meminimalisir dampak negatif yang akan terjadi

Berdasarkan hal-hal yang telah diuraikan di atas, maka penulis melakukan penelitian dengan judul **"Pengaruh Intensitas Curah Hujan Terhadap Limpasan Permukaan dan Koefisien Limpasan pada Variasi Tutupan Lahan Menggunakan Alat *Rainfall Simulator*"**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan pada penelitian ini sebagai berikut

- 1) Bagaimana pengaruh intensitas curah hujan terhadap limpasan permukaan dan koefisien limpasan?
- 2) Bagaimana pengaruh vegetasi terhadap koefisien limpasan?

C. Tujuan penelitian

Dengan mengacu pada rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah

- 1) Untuk menganalisis pengaruh intensitas curah hujan terhadap limpasan permukaan dan koefisien limpasan
- 2) Untuk menganalisis pengaruh vegetasi terhadap koefisien limpasan

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Dapat menjadi literatur bagi pelajar untuk memahami tentang pengaruh intensitas curah hujan terhadap limpasan permukaan
- 2) Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi pengetahuan dalam kegiatan penelitian menyangkut koefisien limpasan permukaan yang dilakukan di masa mendatang

E. Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat berjalan dengan efektif dan mencapai sasaran yang ingin dicapai, maka penelitian ini diberikan batasan masalah sebagai berikut:

- 1) Penelitian dilakukan di laboratorium Hidrologi Universitas Muhammadiyah Makassar.
- 2) *Runoff coefficient* yang digunakan adalah tipe *Nash hydrology* asumsi.
- 3) Vegetasi yang digunakan adalah tanaman hama dan mangga.
- 4) Tidak memiliki faktor-faktor petak, chub limpasan permukaan seperti kondisi infiltrasi, karakteristik lahan dan lereng, dan lain-lain yang organik tanah.

F. Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini memuat lima bab penting yang menjelaskan judul tugas akhir, dan memuat sistem penelitian beserta hasilnya. Isi dari lima bab tersebut adalah sebagai berikut:

BAR I PENDAHULUAN, bab ini merupakan bagian awal dari pembahasan yang meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, dalam bab ini dimulai teori-teori yang menjadi teori pendukung yang membantu dalam memahami pengerjaan pada penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN, dalam bab ini diuraikan tentang lokasi penelitian, metode pelaksanaan penelitian, dan analisis data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, bab ini berisi hasil dan pembahasan terhadap penelitian yang telah dilakukan yang meliputi tentang hasil-hasil yang diperoleh dari proses penelitian dan pembahasannya. Penyajian hasil penelitian memuat deskripsi sistematis tentang data yang diperoleh. Sedangkan pada bagian pembahasan data hasil penelitian dijelaskan dengan tujuan untuk mencapai tujuan penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN, bab ini bermakna kesimpulan yang mencakup keseluruhan penelitian dan saran dari penulis.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tutupan Lahan dan Vegetasi

Tutupan lahan adalah kondisi kemampukan biofisik permukaan bumi yang diamati. Penggunaan lahan adalah suatu tindakan kelakuan dan intent terhadap jenis tutupan lahan tertentu untuk menghasilkan sesuatu, mengubah atau memperubahkannya. Menurut Malinirenu (1978), pengetahuan lahan yaitu segala macam campur tangan manusia, baik secara langsung maupun berpedal-pendak terhadap suatu kelompok sumberdaya alam dan sumberdaya buatan yang secara keseluruhan disatukan lahan, dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan baik material maupun spiritual maupun kedua-duanya.

Dalam penggambaran tutupan lahan mempunyai klasifikasi penggunaan lahan. Klasifikasi penggunaan lahan merupakan pedoman atau acuan dalam proses interpretasi apabila data penelitian penggunaan lahan menggunakan citra penginderaan jauh. Tujuan klasifikasi adalah agar data dibuat dalam informasi yang sederhana dan mudah dipahami. Vegetasi tutupan lahan merupakan sumberdaya alam yang nampak dipermukaan bumi, tutupan lahan sebagai bagian dari komponen ekosistem DAS yang mempunyai peranan penting terhadap infiltrasi, aliran permukaan, erosi dan sedimentasi serta debit air (Kadir, 2013).

Limpasan permukaan merupakan komponen yang mempengaruhi siklus air pada suatu DAS yang memainkan peranan penting dalam mendistribusi curah hujan. Aliran permukaan yang tinggi dapat mempengaruhi kuantitas air yang

menyebabkan kejadian banjir pada bagian hulu DAS. Penggunaan danutupan lahan yang dilaksanakan dan tidak sesuai dengan peruntukannya pada kawasan lindung dan kawasan budidaya pertanian akan berdampak tingginya tingkatkekritisan lahan yang dapat menimbulkan peranannya untuk kepentingan perlindungan dan peningkatan kesejahteraan masyarakat (Zhang dan Wang, 2007).

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia No. 37 Tahun 2014 tentang Konservasi Tanah dan Air, lahan kritis merupakan suatu lahan yang fungsinya kurang baik sebagai media produksi untuk memelihara tanaman yang dibudidayakan atau yang tidak dibudidayakan. Laju kerusakan hutan termasuk perubahan tutupan vegetasi hutan adalah salah satu indikator yang menyebabkan berhutusnya luas lahan kritis baik di dalam maupun diluar kawasan hutan.

B. Intensitas Curah Hujan

Curah hujan merupakan jumlah air hujan yang jatuh pada satu satuan luas. Satuan curah hujan dinyatakan dalam mm sedangkan derajat curah hujan dinyatakan dalam curah hujan persatuan waktu dan disebut juga dengan intensitas hujan. Dengan demikian apabila diketahui curah hujan 1 mm berarti curah hujan tersebut adalah sama dengan 1 liter/m². Intensitas hujan adalah jumlah curah hujan dalam suatu satuan waktu, yang biasanya dinyatakan dalam mm/jam, mm/hari, mm/minggu dan sebagainya. Intensitas curah hujan adalah besarnya air

hujan yang jatuh ke permukaan bumi pada satuan luas (Kensaku Takeda dan Suyono S)

Intensitas hujan yang tinggi pada umumnya berlangsung dengan durasi pendek dan meliputi daerah yang tidak luas. Hujan yang meliputi daerah yang luas, jarang sekali terjadi dengan intensitas hujan yang tinggi, tetapi dapat berlangsung dengan durasi cukup panjang atau lama. Kontinuitas dari intensitas hujan yang tinggi dengan durasi panjang atau lama memang jarang sekali terjadi, jika itu terjadi berarti sejumlah besar volume air akan mengalir dari langit (Sudjirwadi, 1987). Analisis intensitas curah hujan ini dapat proses berdasarkan data curah hujan yang telah terjadi pada tahun-tahun sebelumnya.

Distribusi hujan akan menunjukkan penyebaran volume terjadinya hujan. Berikut klasifikasi intensitas hujan yang disajikan dalam tabel.

Tabel 1. Klasifikasi besarnya Hujan

No.	Intensitas Hujan (mm/jam)	Klasifikasi
1	0-5	Sangat kecil
2	6-10	Kecil
3	11-25	Sedang
4	26-50	Agak besar
5	51-75	Besar
6	>75	Sangat besar

Perhitungan tinggi hujan diperoleh dari hasil tangkapan yang tertampung di setiap stasiun hujan, intensitas hujan diperoleh dari hasil pengukuran hujan rerata di setiap poligon dan volume limpasan diperoleh dari hasil penampungan air limpasan selama hujan turun. Sedangkan untuk analisis intensitas hujan dilakukan dengan menggunakan curah hujan harian maksimum dengan Metode Mononobe, Van Breen, Halper dan Weduwen, dan Pelli-Tanamoto.

Metode Mononobe dikembangkan oleh Dr. Mononobe. Adapun rumus yang digunakan:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{0.21}$$

dengan:

- I = Intensitas setiap hujan setiap time of concentration (menit) t
- R_{24} = Curah hujan rencana dalam suatu periode ulang yang biasanya didapat dari tahapan sebelumnya (tahapan analisis risiko)
- t = Lamanya curah hujan, dalam curah hujan (jam)

C. Limpasan Permukaan (Run-Off)

Limpasan permukaan (*run off*) adalah bagian dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju ke sungai, danau dan lautan. Air hujan yang jatuh ke permukaan tanah ada yang langsung masuk ke dalam tanah atau disebut air infiltrasi. Air yang tidak masuk ke dalam tanah dan akan mengalir di atas permukaan tanah ke tempat yang lebih rendah. Bagian dari air hujan yang telah masuk ke dalam tanah, terutama pada tanah yang hampir atau telah jenuh,

air tersebut keluar ke permukaan tanah lagi dan lalu mengalir ke bagian yang lebih rendah. Aliran air permukaan yang disebut terakhir sering juga disebut air larian atau limpasan.

Curah hujan yang jatuh terlebih dahulu memenuhi air untuk evaporasi, intersepsi, infiltrasi, dan mengisi cekungan tanah baru kemudian air larian berlangsung ketika curah hujan melampaui daya infiltrasi ke dalam tanah. Semakin lama dan semakin tinggi intensitas hujan akan menghasilkan air larian semakin besar. Namun intensitas hujan yang terlalu tinggi dapat menghauscutkan agregat tanah sehingga akan membuat pori-pori tanah akibatnya mengurangi kapasitas infiltrasi. Volume air larian akan lebih besar pada hujan yang intensif dan tersebar merata disekolah wilayah DAS dari pada hujan tidak merata apalagi kurang intensif. Faktor lain yang mempengaruhi volume air larian adalah bentuk dan ukuran DAS, topografi, geologi dan tutupan lahan.

Kerapatan daerah aliran (drainase) mempengaruhi kecepatan air larian. Kerapatan daerah aliran adalah jarak dan sering disebut air larian (km) dibagi luas DAS (km^2). Makin tinggi kerapatan daerah aliran makin besar kecepatan air larian sehingga debit puncak tercapai dalam waktu yang cepat. Vegetasi dapat menghalangi jalannya air larian dan memperbesar jumlah air infiltrasi dan masuk ke dalam tanah.

1. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Limpasan Permukaan

Limpasan permukaan sangat berhubungan dengan infiltrasi, oleh karena itu dengan memahami proses terjadinya limpasan permukaan, faktor yang berpengaruh, akan bisa dilakukan analisis limpasan permukaan serta kaitannya

dengan erosi dan sedimentasi. Faktor-faktor yang mempengaruhi infiltrasi juga akan mempengaruhi limpasan permukaan. Laju infiltrasi dipengaruhi oleh jenis tanah, kondisi permukaan tanah, tekstur dan struktur tanah, kandungan bahan organik, kepadatan tanah, kedalaman saluran tanah, kadar air awal tanah dan tipe hujan yang terjadi atau cara pemberian air organik, untuk lahan beririgasi.

Sentadrono dan Taketa (1971:155) dalam Zuhri (2000:12) mengemukakan bahwa "Tutupan permukaan terjadi ketika jumlah curah hujan melampaui laju infiltrasi, setelah laju infiltrasi berhenti, air mulai mengisi cekungan atau depresi pada permukaan tanah". Setelah pengisian selesai maka air akan mengalir dengan bebas di permukaan tanah. Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya permukaan aliran menjadi dua kelompok, yaitu elemen meteorologi dan elemen sifat fisik daerah pengaliran.

Elemen meteorologi meliputi jenis presipitasi, intensitas, durasi, durasi hujan, dan distribusi hujan dalam daerah pengaliran, sedangkan elemen sifat fisik daerah pengaliran meliputi tata letak lahan (*land cover*), jenis tanah dan kondisi topografi daerah pengaliran (*catchment*). Elemen sifat fisik dapat dikategorikan sebagai aspek statis sedangkan elemen meteorologi merupakan aspek dinamis yang dapat berubah terhadap waktu, adapun faktor - faktor yang mempengaruhi limpasan permukaan sebagai berikut :

- a. Hujan
- b. Laju dan kapasitas infiltrasi tanah
- c. Kondisi DAS
- d. Curah hujan

c. Kondisi penggunaan lahan

d. Luas daerah pengaliran

2. Proses Terjadinya Limpasan Permukaan

Ada empat asumsi untuk mengarahkan proses limpasan (Muzoki, 1980 dalam Arsyad, 2000). Asumsi-asumsi tersebut adalah:

- a. Terdapat batas maksimum tanah untuk menyerap air, yaitu adanya kapasitas infiltrasi yang bervariasi sama hujan berlangsung.
- b. Jika kapasitas infiltrasi lebih besar daripada intensitas hujan, maka belum terjadi limpasan.
- c. Curah hujan lebih banyak (*excess rainfall*) akan mengisi cekungan-cekungan di permukaan tanah terlebih dahulu.
- d. Setelah cekungan-cekungan di permukaan tanah terisi penuh, maka limpasan permukaan terjadi.

Menurut Arsyad (1982 dalam Hamidah, dkk., 1991), proses terjadinya limpasan permukaan adalah curah hujan yang jatuh diatas permukaan tanah pada suatu wilayah pertama-tama akan masuk kedalam tanah sebagai air infiltrasi setelah ditahan oleh tajuk pohon sebagai air intersepsi. Infiltrasi akan berlangsung terus selama air masih berada di bawah kapasitas lapang. Apabila hujan terus berlangsung dan kapasitas lapang telah terpenuhi, maka kelebihan air hujan tersebut akan tetap terinfiltrasi yang selanjutnya akan menjadi air perkolasi dan sebagian digunakan untuk mengisi cekungan atau depresi permukaan tanah sebagai simpanan permukaan (*depression storage*), selanjutnya setelah simpanan depresi terpenuhi, kelebihan air tersebut akan menjadi genangan air yang disebut

tambatan permukaan (*detention storage*). Sebelum menjadi aliran permukaan (*over land flow*) kelebihan air hujan diatas sebagian menguap atau ter evaporasi walaupun jumlahnya sangat sedikit.

Setelah proses-proses hidrologi diatas tercapai dan air hujan masih berlebih, baik hujan masih berlangsung atau tidak, maka aliran permukaan akan terjadi. Selanjutnya aliran permukaan ini akan menuju saluran-saluran dan akhirnya akan menuju sungai sebelum mencapai delta atau laut. Soebarto dkk (1981) dalam Haridjaja dkk. 1993) mengemukakan bahwa limpasan permukaan tidak akan terjadi sebelum evaporasi, intersepsi, infiltrasi, simpanan depres, tambatan permukaan, dan tambatan saluran terjadi.

3. Hubungan Curah Hujan dengan Limpasan

Menurut Seyhan (1990), hubungan antara curah hujan dengan limpasan tidaklah langsung. Di antara keduanya, evaporasi, intersepsi, cadangan depres, cadangan salju dan infiltrasi bekerjasama sebagaimana diatas oleh karakteristik-karakteristik dari ukuran, kemiringan, bentuk, ketinggian, tutupan lahan serta geologi daerah aliran sungai.

Horton (1993) dalam Seyhan (1990) menerangkan bahwa ada 4 tipe peningkatan limpasan yang disebabkan oleh curah hujan yaitu:

- a. $I < I_c$ - tidak terdapat limpasan
- $P < d_{li}$ - semua air yang diinfiltrasikan tetap pada tingkat tak jenuh
- b. $I < I_c$ - tidak terdapat limpasan
- $P > d_{li}$ - pengisian kembali air tanah dengan jumlah yang sama dengan P
- c. $I < I_c$ - terdapat limpasan

$P > dlt$ - tidak terdapat pengisian kembali air tanah

d, $P > fc$ - terdapat limpasan permukaan

$P > dlt$ - pengisian kembali air tanah

keterangan:

I - intensitas curah hujan

P - curah hujan

fc - kapasitas infiltrasi

dlt - defisit limpas tanah

4. Pengukuran Debit Limpasan Permukaan

Debit puncak (debit pada saat puncak banjir) sangat diperlukan untuk untuk pemetaan permasalahan banjir seperti check dam, pelimpah, saluran pembuangan air, waduk dan sebagainya. Salah satu cara untuk mendapatkan debit sungai adalah dengan melakukan pengukuran secara langsung di sungai dengan mengukur penampang sungai dan kecepatan aliran airnya.

Pengukuran kecepatan aliran bisa dilakukan dengan 2 cara yakni pelampung atau dengan alat ukur kecepatan propeller (*current meter*). Pengukuran kecepatan menggunakan pelampung memang memberikan ketelitian yang rendah, karena hanya bisa mengukur kecepatan aliran di permukaan air. Oleh karena itu cara pelampung ini disarankan hanya untuk saluran yang tidak terlalu lebar dan dalam, dengan penampang yang hampir seragam dan aliran airnya tenang (*steady*). Untuk saluran atau sungai yang cukup lebar dan dengan dalam dan dengan bentuk geometri penampang yang tidak teratur, pengukuran kecepatan aliran dengan alat ukur kecepatan dalam bentuk propeller.

Pengukuran kecepatan dengan bangsan ukur. Untuk saluran air yang tidak terlalu besar dan dalam, pengukuran debit aliran bisa menggunakan bangsan ukur debit yang dipasang pada pengukuran yang terpilih. Terdapat dua jenis bangunan ukur yakni tipe bendung (*weir*) dan tipe saluran atau gorong-gorong terbuka (*flume*). Pengukuran debit menggunakan bangsan ukur pada umumnya dilakukan pada saluran irigasi atau sungai yang tidak terlalu lebar serta mempunyai keterlerangan aliran yang cukup (perbedaan elevasi antara bagian hulu dan hilir besar) sehingga air yang melewati arbang bendung (*crest*) akan berupa aliran tenang.

Selaras kenyataan aliran kearah horisontal maupun kedahannya, oleh karena itu pengukuran kecepatan dilakukan di beberapa titik kedalaman dan lebar saluran atau sungai. Debit aliran limpasan permukaan saluran atau sungai yang diukur merupakan jumlah perkalian dari kecepatan dan luas penampang aliran masing-masing segmen.

5. Perhitungan Debit Limpasan Permukaan

Debit sungai merupakan *flow volume* (*volume flow*) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu, dimana satuan besaran debit dalam satuan internasional adalah meter kubik per detik (m^3/dt) (Rau, 2012). Limpasan permukaan (*run-off*) merupakan komponen terbesar penyumbang debit pada saat terjadi banjir.

Debit limpasan permukaan dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (2)$$

dengan:

Q = Debit limpasan (liter/menit)

V = Volume limpasan (liter)

t = Waktu (menit)

Menurut Arsyad (2010, dalam Setiawan, 2017) metode Rasional dalam menentukan laju percolasi aliran permukaan (debit percolasi) mempertimbangkan waktu konsentrasi, yaitu waktu yang dibutuhkan air yang mengalir di permukaan tanah dari tempat curah hujan sampai tempat keluarnya runoff di suatu daerah aliran. Persamaan dalam menghitung debit limpasan dengan metode Rasional adalah sebagai berikut:

$$Q = C \times I \times A$$

dengan:

Q = Debit limpasan (m^3 /detik)

C = Koefisien limpasan

A = Intensitas curah hujan (mm /detik)

I = Luas area (ha)

D. Koefisien Limpasan

Koefisien limpasan permukaan (C), merupakan bilangan yang menunjukkan nisbah (perbandingan) antara besarnya limpasan permukaan terhadap besarnya curah hujan. Nilai koefisien limpasan permukaan adalah salah satu indikator untuk menentukan apakah suatu DAS telah mengalami gangguan (risk). Nilai C berkisar antara 0-1. Nilai $C = 0$ menunjukkan bahwa semua air

hujan terdistribusi menjadi air intersepsi dan terutama infiltrasi, sedangkan untuk nilai $C = 1$ menunjukkan bahwa semua air hujan mengalir sebagai limpasan permukaan.

Koefisien limpasan permukaan didapatkan melalui perbandingan laju aliran permukaan dalam satuan millimeter (mm) dengan jumlah curah hujan dalam satuan millimeter (mm). Penetupan lahan, lereng dan ketiadaan berperan dalam mempengaruhi besar kecilnya laju aliran permukaan yang terjadi saat hujan turun (Putriinda, 2012).

Koefisien limpasan permukaan dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C = \frac{\text{Laju Limpasan (mm/jam)}}{\text{Intensitas Hujan (mm/jam)}} \quad (4)$$

dimana:

$$\text{Laju Limpasan} = \frac{\text{Volume Limpasan (mm}^3\text{)}}{\text{Luas Area (mm}^2\text{) dan Waktu (jam)}} \quad (5)$$

E. Rainfall Simulator

Alat yang digunakan untuk membuat simulasi pada penelitian ini yaitu menggunakan *Rainfall Simulator*. *Rainfall simulator* merupakan alat yang memungkinkan untuk melihat siklus hidrologi dalam skala kecil, tetapi ada faktor yang tidak dimasukkan dalam alat ini yaitu faktor evapotranspirasi dan evaporasi yang dimana kedua hal tersebut disebabkan oleh matahari dan tanaman.

Pada saat hujan buatan telah dihentikan tidak berarti debit yang keluar dari petak tanah itu berhenti. Oleh karena masih ada tampungan permukaan, maka masih terdapat aliran keluar dari petak tanah tersebut. Jadi pengukuran debit

masih terus dilakukan sampai debit yang keluar dari petak tanah sama dengan nol. Setelah alat berjalan beberapa lama, selisih I (intensitas) dan Q (limpasan) menjadi hampir konstan. Sesudah hujan buatan dihentikan, limpasan tidak langsung berhenti, tetapi mengalami resesi karena masih ada sisa air tertahan di permukaan sebagai air detensi karenanya infiltrasi masih terus terjadi, meskipun kecepatannya kecil (A. R. Djumaliudin, 2012).

Peralatan ini memiliki tangki air dengan dimensi ukuran 1 m x 1,2 m x 0,5 m. Pada bagian atas tangki ini memiliki *inlet* (keluar) yang bisa mengatur besarnya butiran hujan yang jatuh. Tangki ini juga memiliki dua buah pipa berpori bagian *dasar*, dan dua tangki pengukur aliran. Tangki ini juga memiliki dua saluran air yang terhubung ke tangki lain yaitu tangki pengukur man, dimana setiap saluran dapat dilubur masing-masing. Di bawah tangki terdapat tabung pesometrik up, yang menghubungkan melihat level air setiap saat.

Pengaturan tekanan air pada nozzle dapat dilihat pada gambar tabel berikut

Tabel 2. Standar Intensitas Hujan

Rain Condition	Rain Fall Rate	Flow Rate
Extreme	14 mm/min 840 mm/hour 33.1 inch/hour	16.8 L/min
High	8 mm/min - 14 mm/min 480 mm/hour - 840 mm/hour 16.7 inch/hour - 33.1 inch/hour	9.6 L/min - 16.8 L/min
Medium	1.7 mm/min - 8 mm/min 102 mm/hour - 480 mm/hour 4.0 inch/hour - 18.9 inch/hour	2.04 L/min - 9.6 L/min
Low	1.07 mm/min - 1.7 mm/min 64.2 mm/hour - 102 mm/hour 2.5 inch/hour - 4.0 inch/hour	1.28 L/min - 2.04 L/min
Very Low	0 mm/min - 1.07 mm/min 0 mm/hour - 64.2 mm/hour 0 inch/hour - 2.5 inch/hour	0 L/min - 1.28 L/min

(Sumber: Laboratorium Teknik Urbanis Malaysia)

METODE PENELITIAN

1. Lokasi Penelitian

Penditiran in ditakikan di Jalsan dan Pendidikan Teknik Pengajaran
Universitas Muhammadiyah Makassar

2. Water Penetration

Penelitian ini dilai serukan pada tanggal 25 Januari sampai 25 Februari

B. Bahar den Sirr

L. Bakken et al.

Bahan-Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

4. Data curah hujan

Data curah hujan berumbur dan Babu Besar Wilayah Sungai (BBWS)

4. Sampel Tanah

Sampel tanah diperoleh dari tanah pada daerah-daerah DAS Maris tepatnya di daerah Tattafili, Bantimurung dan Timpobolu. Berdasarkan klasifikasi AASHTO, sampel tanah termasuk dalam grup klasifikasi A-2-6, dengan tipe material secara umum adalah berlempung dan pasir.

c. Vegetasi

Vegetasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah vegetasi mangga dan bambu. Berikut adalah keterangan fisik dari vegetasi yang digunakan:

Tabel 3. Keterangan fisik vegetasi mangga

No.	Tinggi Tanaman (cm)	Panjang Akar (cm)
1	101	16
2	102	16
3	83	15,5
4	83	12,5
5	69	15
6	54,5	12
7	52,5	13

Tabel 4. Keterangan fisik vegetasi bambu

No.	Tinggi Tanaman (cm)	Panjang Akar (cm)
1	50,5	16,5
2	56	14
3	41	13

2. Alat

Alat-alat yang digunakan adalah sebagai berikut

- Alat *rainfall simulator* (simulasi hujan) yang digunakan dalam penelitian ini merupakan *rainfall simulator tipe basic hydrology system* yang memiliki bak percobaan utama dengan dimensi ukuran 1m x 1,2m x 0,5m.



Gambar 1. Rancangan instalasi

Keterangan gambar 1

- (1). Pompa untuk menghisap air
- (2). penyalang untuk mengalirkan air ke bak
- (3). Bak perantara utama
- (4). saluran air untuk mengalirkan air ke bak
- (5). Pintu limpasan air
- (6). drain ukur keluaran sisi kiri (6 buah)
- (7). Manometer Bak
- (8). drain ukur limpasan pada bak uji
- (9). Penampung dan penyaring air buangan
- (10). drain ukur keluaran sisi kanan (6 buah)
- (11). Panel kendali

- (12). Saluran pembuangan aliran air
- (13). *Reservoir* (Penampungan air sumber hujan)
- (14). Panel kendali katup untuk operasional curahan air
- (15). Saluran air hujan untuk seluruh *zonal* akur

- b. Penggarna
- c. Stopwatch
- d. Gelas ukur
- e. Tabung silinder
- f. Pisau
- g. Cuvette
- h. Oven
- i. Timbangan
- j. Alat pendingin
- k. Saringan

C. Jenis Penelitian dan Sumber Data

1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian dalam penelitian ini bersifat *experimental*, dimana peneliti membuat dan mengatur kondisi jalannya penelitian yang berdasar pada literatur yang berkaitan dengan tema penelitian. Penelitian dilakukan dengan tujuan untuk menyelidiki hubungan sebab akibat dan pengaruh yang dapat ditimbulkan. Penelitian ini juga didasari dengan adanya kontrol literatur sebagai pembanding untuk koreksi hasil penelitian.

2. Sumber Data

Pada penelitian ini digunakan dua sumber data, yaitu:

- 1) Data primer, yaitu data yang diperoleh langsung dari subjek penelitian
- 2) Data sekunder, yaitu data yang diperoleh dari hasil penelitian yang sudah ada, diantaranya data curah hujan dan data sampel tanah

D. Prosedur Penelitian

Untuk mencapai tujuan yang diharapkan maka diperlukan langkah-langkah penelitian, secara sistematis. Adapun langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tahapan Persiapan

Tahapan persiapan merupakan tahapan awal yang dilakukan untuk mempersiapkan jalannya penelitian, seperti:

- 1) Peninjauan lokasi uji,
- 2) Persiapan perangkat dan alat yang digunakan
- 3) Pengecekan fungsi alat dan bahan
- 4) Persiapan personel pengamatan yang bertugas

2. Tahapan *Running Test*

- 1) *Running test* ke-1. Pengukuran limpasan permukaan pada tanah tanpa vegetasi

Sampel tanah yang telah disiapkan dimasukkan ke dalam bak uji dengan tinggi (y) 20 cm dan kemiringan (m) 3°. Selanjutnya tanah dipadatkan dengan 5x

tumbukan dengan tinggi alat penumbuk dan tanah adalah 16 cm. Kemudian dilakukan *rainfall test* untuk mendapatkan hasil kepadatan tanah.

Running test kemudian dijalankan pada *rainfall simulator* dengan intensitas hujan buatan yang didapatkan dari hasil perhitungan dan tiap selang waktu 5 menit akan dicatat ketinggian limpasan dan infiltrasi yang tertampung dalam *drain* ukur. Hujan berlangsung sampai tanah diratakan kembali dan ketinggian infiltrasi dan limpasan dicatatkan kemudian hasil hujan buatan dihentikan. Media tanah kemudian dikelompokkan dan dikeringkan untuk pengamatan *rainfall test* selanjutnya.



Gambar 2. Tampak samping keadaan tanah dalam bak percobaan

- 2) *Running test* ke-2. Pengukuran limpasan permukaan dengan penambahan media akar tanaman.

Pada test ke-2 sampel tanah pada bak percobaan akan ditambahkan dengan media vegetasi yang telah disiapkan dengan jumlah dan variasi vegetasi yang berbeda. Kemudian proses *running test* akan dijalankan sama dengan proses yang ada pada *running test* 1.



Gambar 4. Tampak atas keadaan posisi vegetasi mangga

Keterangan:



3. Data dan Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini pengujian akan dilakukan dengan model fisik laboratorium dengan berdasarkan pemahaman pada literatur yang membahas tentang infiltrasi dan limpasan permukaan (*run off*). Tujuan digunakan model fisik ini adalah untuk dapat mengetahui dan menganalisis pengaruh intensitas hujan terhadap limpasan permukaan secara langsung pada *run off* simulasi.

Data yang diperoleh dari hasil pengamatan uji laboratorium adalah sebagai berikut:

- 1) Waktu durasi hujan (t (menit))
- 2) Volume limpasan permukaan (V (ml) atau liter)

Pengambilan data pengamatan menjadi fokus utama dalam uji laboratorium ini. Selain data pengamatan menjadi parameter utama dalam mencapai tujuan penelitian, sebagai penelitian data dilakukan dengan seksama dan memperhatikan secara aktif setiap pengujian. Data-data yang diambil dalam setiap pengujian ini dikumpulkan dalam dua jenis sesuai variasi yang diberikan, yaitu:

- 1) Waktu durasi hujan tiap menit, t (menit)
untuk media tanpa vegetasi (V_{tg}), menggunakan vegetasi bambu (V_{bm}), dan menggunakan vegetasi mangga (V_{mg})
- 2) Volume limpasan, V (ml)
untuk media tanpa vegetasi (V_{tg}), menggunakan vegetasi bambu (V_{bm}) dan menggunakan vegetasi mangga (V_{mg})

Dengan data yang ada, diperoleh nilai debit limpasan (Q) untuk media tanpa vegetasi (Q_{ts}), menggunakan vegetasi bambu (Q_{bm}), dan menggunakan vegetasi mangga (Q_{mg}) untuk tiap intensitas curah hujan (I).

E. Analisis Data

1. Analisa Data Awal

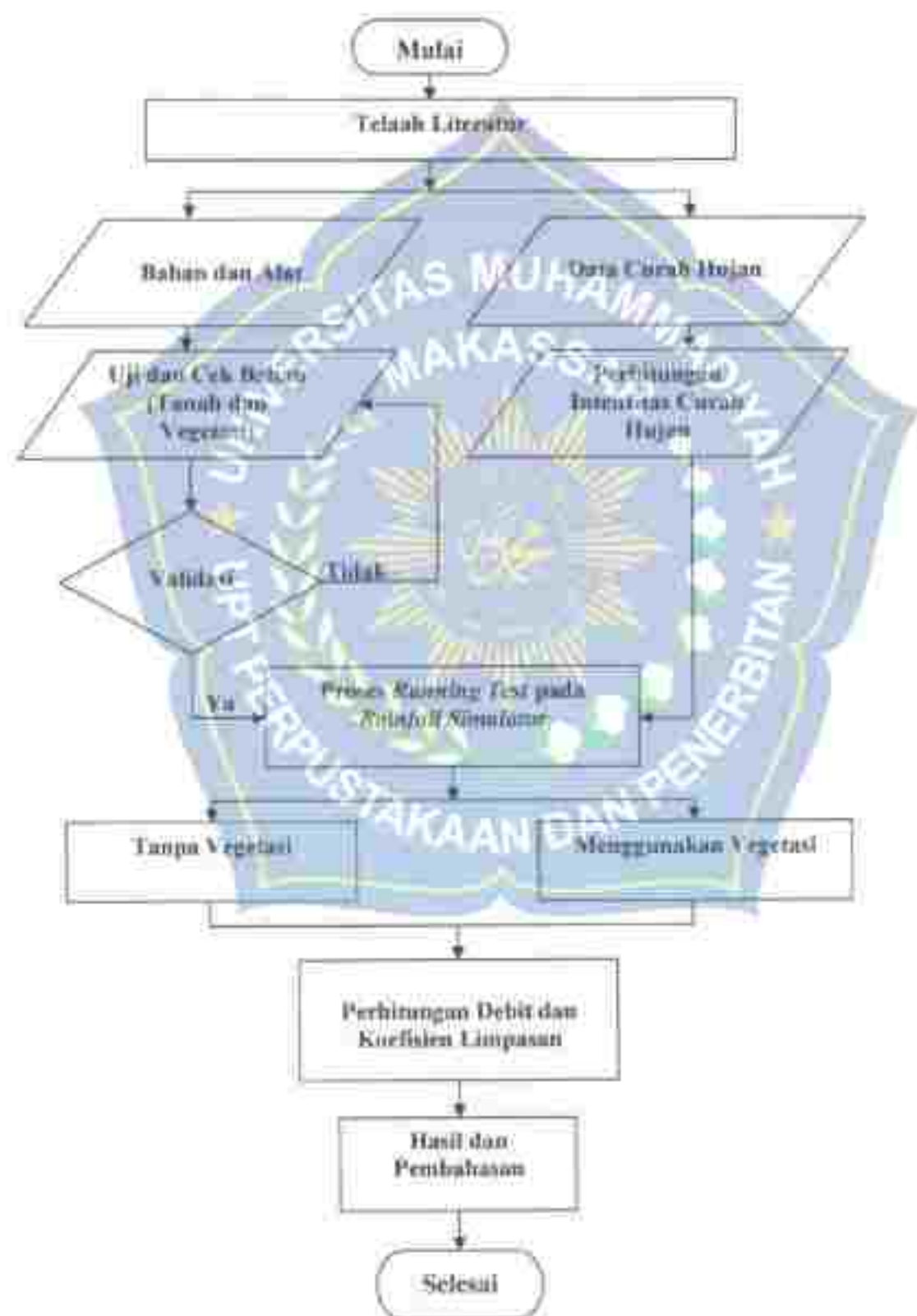
Pada analisa data awal, dilakukan pengujian mengenai curah hujan sebelum dilakukan uji *Shapiro Wilk test*, dimana data curah yang diperoleh dihitung menggunakan persamaan (1) yaitu rumus Metode Mononobe.

2. Analisa Data Akhir

Pada analisa data akhir, dilakukan perhitungan untuk mendapatkan hasil akhir dari tujuan penelitian ini. Setelah semua data hasil *Shapiro Wilk test* telah diperoleh, selanjutnya dilakukan analisis data limpasan sebagai berikut.

Dalam analisis debit limpasan, data yang diperoleh adalah berupa volume limpasan yang tertinggal dalam rentang waktu yang ditentukan, kemudian dari data tersebut, dihitung debit limpasan dan diampikan dalam bentuk tabel dan grafik pengamatan yang memuat perbandingan sehingga pengaruh intensitas curah hujan terhadap limpasan dapat dilihat. Debit limpasan dihitung menggunakan persamaan (2), rumus debit limpasan dan persamaan (3); rumus metode Rasional. Koefisien limpasan dihitung menggunakan persamaan (4).

F. Bagan dan Alur Penelitian



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Intensitas Curah Hujan *Rainfall Simulator*

Dari data perhitungan maksimum curah hujan diperoleh $I_1 = 287,631$ mm/jam dan $I_2 = 343,204$ mm/jam, nilai tersebut berada pada kisaran *rainfall rate* 102-480 mm/jam yang termasuk dalam kategori *medium* sehingga kategori *medium* digunakan sebagai acuan dalam menghitung intensitas curah hujan kalibrasi. Pengaturan lebar permukaan pada *rainfall simulator* dapat dilihat pada tabel (2) standar intensitas hujan. Perhitungan intensitas curah hujan kalibrasi menggunakan rumus interpolasi.

Tabel 5. Standar intensitas hujan

Rain Condition	Event Rate	Event Date
	mm/hour	1/2 MIN
Medium	102	2-14
	480	9%

Setelah melakukan perhitungan dengan menggunakan rumus interpolasi, hasil intensitas curah hujan kalibrasi untuk penggunaan *rainfall simulator* yang diperoleh adalah $I_1 = 5,753$ liter/menit dan $I_2 = 6,864$ liter/menit. Urutan perhitungan untuk intensitas curah hujan kalibrasi dapat dilihat pada lampiran C.

Tabel 6. Rekapitulasi hasil perhitungan intensitas curah hujan

12		15	
287,631	(mm/jam)	343,204	(mm/jam)
5,753	(liter/menit)	6,864	(liter/menit)
0,00080	(m/detik)	0,00095	(m/detik)

B. Debit Limpasan pada *Running Test* 1 Tanpa Vegetasi

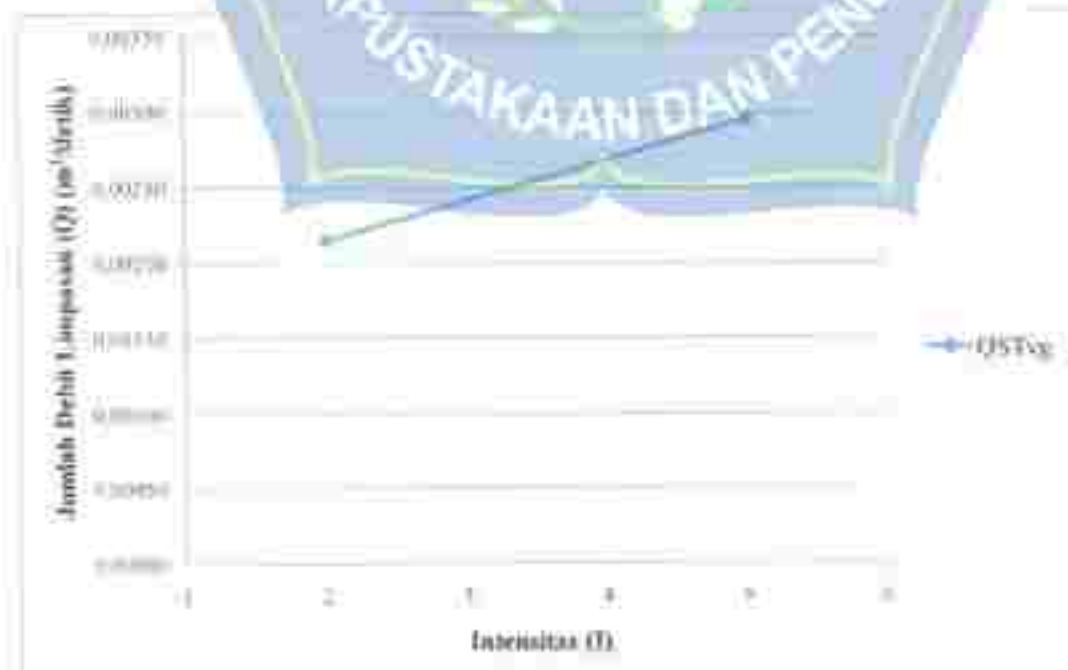
Tabel di bawah ini menunjukkan debit limpasan pada *running test* 1 tanpa vegetasi yang diamati tiap 5 menit sampai limpasan dianggap konstan. Debit limpasan $Q_{c,Tyg}$ dihitung menggunakan persamaan (2). Urutan perhitungan dapat dilihat pada lampiran B.

Tabel 7. Debit limpasan dengan vegetasi simulasi *running test* 1 tanpa vegetasi

No.	Waktu (detik)	$V_{1,Tyg}$ (m ³)	$V_{2,Tyg}$ (m ³)	$Q_{c,Tyg}$ (m ³ /detik)	$Q_{c,Tyg}$ (m ³ /detik)
1	300	0,000	0,000	0,0000000	0,0000000
2	600	0,000	0,015	0,0000207	0,0000500
3	900	0,010	0,026	0,0000650	0,0000657
4	1200	0,010	0,048	0,0000317	0,0000517
5	1500	0,019	0,025	0,0000653	0,0000853
6	1800	0,020	0,022	0,0000667	0,0000753
7	2100	0,021	0,026	0,0000700	0,0000853
8	2400	0,021	0,021	0,0000717	0,0000603
9	2700	0,021	0,024	0,0000700	0,0000800
10	3000	0,021	0,026	0,0000700	0,0000850
11	3300	0,015	0,024	0,0000483	0,0000800
12	3600	0,016	0,025	0,0000583	0,0000833
13	3900	0,020	0,026	0,0000667	0,0000850
14	4200	0,021	0,026	0,0000700	0,0000850
15	4500	0,020	0,023	0,0000667	0,0000750
16	4800	0,018	0,026	0,0000583	0,0000880
17	5100	0,020	0,026	0,0000667	0,0000853
18	5400	0,016	0,026	0,0000523	0,0000857
19	5700	0,022	0,025	0,0000717	0,0000840
20	6000	0,020	0,026	0,0000650	0,0000857
21	6300	0,021	0,026	0,0000707	0,0000853
22	6600	0,022	0,026	0,0000717	0,0000857
23	6900	0,022	0,026	0,0000717	0,0000860
24	7200	0,021	0,026	0,0000713	0,0000860

Tabel 7. Debit limpasan dengan *rainfall simulator running test* I tanpa vegetasi (tabel lanjutan)

No.	Waktu (detik)	V_2 Tvg (m ³)	V_3 Tvg (m ³)	Q_2 Tvg (m ³ /detik)	Q_3 Tvg (m ³ /detik)
25	7500	0,022	0,026	0,0000725	0,0000850
26	7800	0,022	0,025	0,0000720	0,0000840
27	8100	0,022	0,026	0,0000717	0,0000850
28	8400	0,022	0,025	0,0000712	0,0000843
29	8700	0,022	0,025	0,0000717	0,0000860
30	9000	0,022	0,026	0,0000715	0,0000860
31	9300	0,021	0,026	0,0000710	0,0000850
32	9600	0,021	0,026	0,0000710	0,0000850
33	9900	0,021	0,026	0,0000710	0,0000857
34	10200	0,021	0,026	0,0000710	0,0000857
35	10500	0,000	0,026	0,0000000	0,0000860
36	10800	0,000	0,026	0,0000000	0,0000867
37	11100	0,000	0,026	0,0000000	0,0000867
Jumlah		0,046	0,866	0,0021517	0,0029537
Rata-rata		0,019	0,024	0,0000592	0,0000798



Gambar 5. Hubungan intensitas dan debit limpasan *rainfall simulator running test* I tanpa vegetasi

Untuk menghitung koefisien limpasan CTvg digunakan persamaan (4)

Urutan perhitungan koefisien limpasan dapat dilihat pada lampiran II.

Tabel 8. Koefisien limpasan pada *rumput teak* tanpa vegetasi

No.	Waktu (detik)	C ₁ Tvg	C ₂ Tvg
1	500	0,000	0,000
2	600	0,116	0,437
3	900	0,678	0,758
4	1000	0,330	0,482
5	1500	0,561	0,730
6	1800	0,695	0,641
7	2100	0,730	0,740
8	2500	0,737	0,626
9	2700	0,730	0,690
10	3000	0,737	0,743
11	3300	0,504	0,509
12	3500	0,608	0,728
13	3600	0,603	0,741
14	4200	0,730	0,743
15	4500	0,695	0,750
16	4600	0,608	0,732
17	5100	0,680	0,746
18	5400	0,546	0,740
19	5700	0,247	0,734
20	6000	0,678	0,749
21	6300	0,237	0,746
22	6600	0,747	0,749
23	6900	0,747	0,752
24	7200	0,744	0,752
25	7500	0,754	0,743
26	7800	0,751	0,734
27	8100	0,747	0,743
28	8400	0,747	0,737
29	8700	0,747	0,752

Tabel 8. Koefisien limpasan pada *runoff test 1* tanpa vegetasi (tabel lanjutan)

No.	Waktu (detik)	C_{t1vg}	C_{t2vg}
30	9000	0,744	0,752
31	9300	0,737	0,743
32	9600	0,741	0,743
33	9900	0,741	0,749
34	10200	0,741	0,749
35	10500	0,660	0,752
36	10800	0,660	0,755
37	11100	0,660	0,755
C terukur		0,754	0,758
Rata-rata		0,660	0,698



Gambar 6. Hubungan intensitas dan koefisien limpasan pada *runoff test 1* tanpa vegetasi

Debit limpasan Q_{t1vg} dihitung menggunakan persamaan (3). Urutan perhitungan dapat dilihat pada lampiran B.

Tabel 9. Debu lumpasan dengan metode Rasional untuk intensitas I2

No.	Waktu (menit)	C ₁ Tvg	I ₂ (m/detik)	A (m ²)	Q ₅₁ Tvg (m ³ /detik)
1	300	0.000	0.00080	1.2	0.0000000
2	600	0.216	0.00080	1.2	0.0002067
3	900	0.678	0.00080	1.2	0.0006500
4	1200	0.330	0.00080	1.2	0.0003167
5	1500	0.661	0.00080	1.2	0.0006333
6	1800	0.695	0.00080	1.2	0.0006667
7	2100	0.730	0.00080	1.2	0.0007000
8	2400	0.737	0.00080	1.2	0.0007067
9	2700	0.730	0.00080	1.2	0.0007000
10	3000	0.730	0.00080	1.2	0.0007000
11	3300	0.734	0.00080	1.2	0.0007033
12	3600	0.608	0.00080	1.2	0.0005833
13	3900	0.675	0.00080	1.2	0.0006067
14	4200	0.700	0.00080	1.2	0.0007000
15	4500	0.705	0.00080	1.2	0.0006667
16	4800	0.704	0.00080	1.2	0.0006833
17	5100	0.704	0.00080	1.2	0.0006667
18	5400	0.740	0.00080	1.2	0.0007133
19	5700	0.747	0.00080	1.2	0.0007167
20	6000	0.678	0.00080	1.2	0.0006500
21	6300	0.732	0.00080	1.2	0.0007067
22	6600	0.742	0.00080	1.2	0.0007167
23	6900	0.747	0.00080	1.2	0.0007167
24	7200	0.744	0.00080	1.2	0.0007133
25	7500	0.754	0.00080	1.2	0.0007233
26	7800	0.751	0.00080	1.2	0.0007200
27	8100	0.747	0.00080	1.2	0.0007167
28	8400	0.747	0.00080	1.2	0.0007167
29	8700	0.747	0.00080	1.2	0.0007167
30	9000	0.744	0.00080	1.2	0.0007133
31	9300	0.737	0.00080	1.2	0.0007067
32	9600	0.741	0.00080	1.2	0.0007100
33	9900	0.741	0.00080	1.2	0.0007100
34	10200	0.741	0.00080	1.2	0.0007100
35	10500		0.00080	1.2	0.0000000
36	10800		0.00080	1.2	0.0000000
37	11100		0.00080	1.2	0.0000000
Jumlah					0.0215167
Rata-Rata					0.0006328

Tabel 10. Debit limpasan dengan metode Rasional untuk intensitas 15

No.	Waktu (detik)	C _s T _{vg}	I ₅ (mm/detik)	A (m ²)	Q ₀ T _{vg} (m ³ /detik)
1	300	0,000	0,00095	1,2	0,0000000
2	600	0,437	0,00095	1,2	0,0005000
3	900	0,758	0,00095	1,2	0,0008667
4	1200	0,452	0,00095	1,2	0,0005167
5	1500	0,728	0,00095	1,2	0,0008333
6	1800	0,641	0,00095	1,2	0,0007233
7	2100	0,746	0,00095	1,2	0,0008533
8	2400	0,690	0,00095	1,2	0,0006933
9	2700	0,629	0,00095	1,2	0,0006000
10	3000	0,743	0,00095	1,2	0,0008300
11	3300	0,698	0,00095	1,2	0,0008000
12	3600	0,778	0,00095	1,2	0,0008533
13	3900	0,743	0,00095	1,2	0,0008500
14	4200	0,743	0,00095	1,2	0,0008500
15	4500	0,656	0,00095	1,2	0,0007500
16	4800	0,752	0,00095	1,2	0,0008600
17	5100	0,746	0,00095	1,2	0,0008511
18	5400	0,740	0,00095	1,2	0,0008507
19	5700	0,734	0,00095	1,2	0,0008400
20	6000	0,749	0,00095	1,2	0,0008567
21	6300	0,746	0,00095	1,2	0,0008503
22	6600	0,750	0,00095	1,2	0,0008567
23	6900	0,752	0,00095	1,2	0,0008600
24	7200	0,752	0,00095	1,2	0,0008600
25	7500	0,743	0,00095	1,2	0,0008500
26	7800	0,734	0,00095	1,2	0,0008400
27	8100	0,743	0,00095	1,2	0,0008500
28	8400	0,737	0,00095	1,2	0,0008433
29	8700	0,752	0,00095	1,2	0,0008600
30	9000	0,752	0,00095	1,2	0,0008600
31	9300	0,743	0,00095	1,2	0,0008500
32	9600	0,743	0,00095	1,2	0,0008500
33	9900	0,749	0,00095	1,2	0,0008567
34	10200	0,749	0,00095	1,2	0,0008567
35	10500	0,752	0,00095	1,2	0,0008600
36	10800	0,758	0,00095	1,2	0,0008667
37	11100	0,758	0,00095	1,2	0,0008667
Jumlah					0,0295367
Rata-Rata					0,0007983



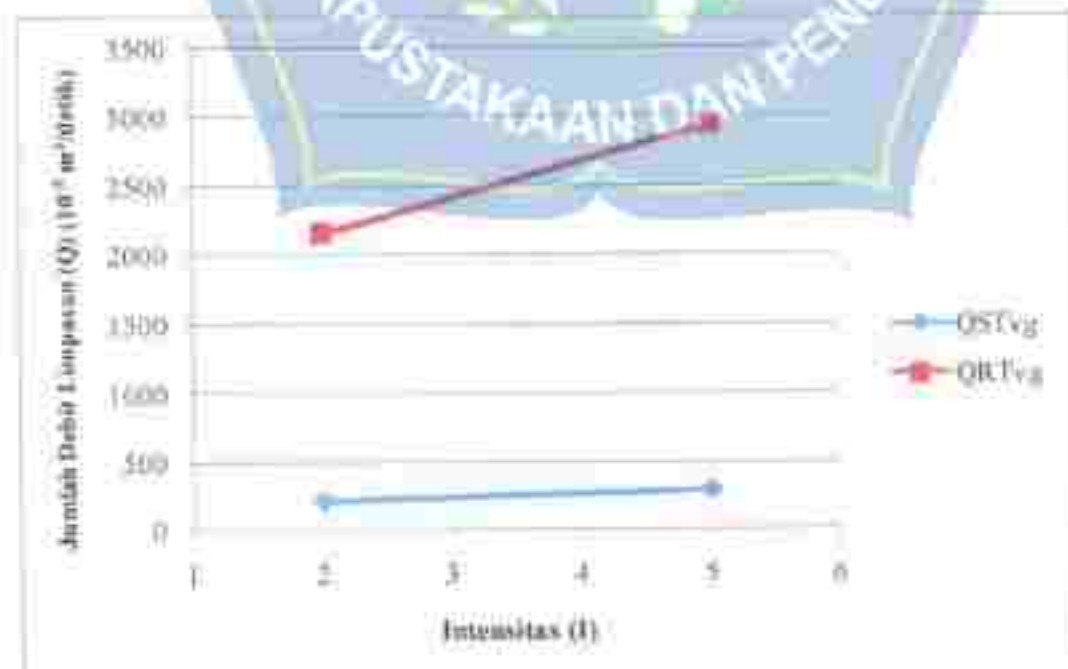
Gambar 7 Hubungan intensitas dan debit limpasan metode Rational zoning zona I tanpa vegetasi

Tabel 11 Debit limpasan intensitas 12 Juni 18 dengan rumus 1) kumulatif dan metode Rational pada zona I, II, III tanpa vegetasi

No.	Waktu (detik)	$Q_{0.1 \times 2}$ (10 ³ m ³ /detik)	$Q_{0.1 \times 2g}$ (10 ³ m ³ /detik)	$Q_{0.1 \times 2g}$ (10 ³ m ³ /detik)	$Q_{0.1 \times 2g}$ (10 ³ m ³ /detik)
1	300	0,00	0,00	0,00	0,00
2	600	2,07	5,10	20,67	20,00
3	900	6,50	9,67	65,67	50,67
4	1200	9,17	9,17	31,67	31,67
5	1500	6,33	8,33	63,33	83,33
6	1800	6,67	7,33	66,67	73,33
7	2100	7,00	8,43	70,00	85,33
8	2400	7,07	6,93	70,67	69,33
9	2700	7,00	8,00	70,00	80,00
10	3000	7,00	8,50	70,00	85,00
11	3300	4,83	8,00	48,33	80,00
12	3600	5,83	8,33	58,33	83,33
13	3900	5,67	8,50	66,67	85,00
14	4200	7,00	8,50	70,00	85,00
15	4500	6,67	7,50	66,67	75,00
16	4800	5,83	8,60	58,33	86,00
17	5100	6,67	8,53	66,67	85,33
18	5400	5,23	8,57	52,33	85,67
19	5700	7,17	8,40	71,67	84,00
20	6000	6,50	8,57	65,00	85,07

Tabel 11. Debit limpasan intensitas 12 dan 15 dengan *rainfall simulator* dan metode Rasional pada *runoff test* 1 tanpa vegetasi (tabel lanjutan)

No.	Waktu (detik)	$Q_{0.1Tvg}$ ($10^3 \text{ m}^3/\text{detik}$)	$Q_{0.2Tvg}$ ($10^3 \text{ m}^3/\text{detik}$)	$Q_{0.3Tvg}$ ($10^3 \text{ m}^3/\text{detik}$)	$Q_{0.4Tvg}$ ($10^3 \text{ m}^3/\text{detik}$)
21	6300	7,07	8,53	70,67	85,33
22	6600	7,17	8,57	71,67	85,67
23	6900	7,17	8,60	71,67	86,00
24	7200	7,13	8,60	71,33	86,00
25	7500	7,23	8,50	72,33	85,00
26	7800	7,20	8,40	72,00	84,00
27	8100	7,17	8,36	71,67	85,00
28	8400	7,17	8,43	71,67	84,33
29	8700	7,17	8,62	71,67	86,00
30	9000	7,18	8,50	71,33	86,00
31	9300	7,07	8,51	70,67	85,00
32	9600	7,10	8,50	71,00	85,00
33	9900	7,10	8,33	71,00	85,67
34	10200	7,10	8,37	71,00	85,67
35	10500	0,00	8,60	0,00	86,00
36	10800	0,00	8,67	0,00	86,67
37	11100	0,00	8,67	0,00	86,67
Jumlah		245,1	295,37	2151,67	2953,67
Rata-rata		6,33	7,98	63,28	79,83
Q Maks		7,23	8,67	72,33	86,67



Gambar 8. Jumlah debit limpasan intensitas 12 dan 15 dengan *rainfall simulator* dan metode Rasional pada *runoff test* 1 tanpa vegetasi

C. Debit Limpasan *Running Test* 2 dengan Vegetasi Mangga

Tabel di bawah ini menunjukkan debit limpasan pada *running test* 2 dengan vegetasi mangga yang diamati tiap 5 menit sampai limpasan dianggap konstan. Debit limpasan $Q_v V_{mg}$ dihitung menggunakan persamaan (2). Uraian perhitungan dapat dilihat pada lampiran B.

Tabel 12 Debit limpasan dengan *rainfall simulator running test* 2 vegetasi mangga

No.	Waktu (detik)	$V_v V_{mg}$ (m ³)	$V_v V_{mg}$ (m ³)	$Q_v V_{mg}$ (m ³ /detik)	$Q_v V_{mg}$ (m ³ /detik)
1	500	0,000	0,000	0,000000	0,000000
2	600	0,006	0,006	0,000010	0,000015
3	900	0,014	0,014	0,0000466	0,0000470
4	1200	0,016	0,020	0,0000500	0,0000530
5	1500	0,017	0,020	0,0000500	0,0000577
6	1800	0,018	0,018	0,0000593	0,0000630
7	2100	0,018	0,021	0,0000483	0,0000700
8	2400	0,018	0,020	0,0000533	0,0000663
9	2700	0,017	0,021	0,0000560	0,0000697
10	3000	0,018	0,021	0,0000533	0,0000710
11	3300	0,015	0,021	0,0000600	0,0000713
12	3600	0,018	0,021	0,0000600	0,0000620
13	3900	0,018	0,021	0,0000583	0,0000693
14	4200	0,018	0,021	0,0000590	0,0000683
15	4500	0,018	0,021	0,0000600	0,0000690
16	4800	0,018	0,019	0,0000583	0,0000637
17	5100	0,017	0,021	0,0000560	0,0000683
18	5400	0,017	0,021	0,0000550	0,0000697
19	5700	0,017	0,021	0,0000550	0,0000700
20	6000	0,016	0,021	0,0000533	0,0000700
21	6300	0,017	0,020	0,0000557	0,0000677
22	6600	0,018	0,021	0,0000583	0,0000707
23	6900	0,018	0,021	0,0000590	0,0000700
24	7200	0,017	0,021	0,0000577	0,0000700

Tabel 12. Debit limpasan dengan *rainfall simulator running test 2* vegetasi mangga (tabel lanjutan)

No.	Waktu (detik)	V_1Vmg (m^3)	V_2Vmg (m^3)	$Q_{s1}Vmg$ ($m^3/detik$)	$Q_{s2}Vmg$ ($m^3/detik$)
25	7500	0,017	0,021	0,0000557	0,0000690
26	7800	0,017	0,021	0,0000573	0,0000710
27	8100	0,018	0,021	0,0000583	0,0000707
28	8400	0,017	0,021	0,0000580	0,0000707
29	8700	0,017	0,021	0,0000567	0,0000707
30	9000	0,017	0,021	0,0000567	0,0000713
31	9300	0,017	0,022	0,0000573	0,0000717
32	9600	0,017	0,021	0,0000573	0,0000710
33	9900	0,017	0,021	0,0000567	0,0000707
34	10200	0,017	0,021	0,0000567	0,0000707
35	10500	0,017	0,022	0,0000567	0,0000717
36	10800	0,000	0,022	0,0000000	0,0000717
37	11100	0,000	0,022	0,0000000	0,0000717
Jumlah		0,571	0,726	0,0019023	0,0024193
Rata-rata		0,015	0,020	0,0000514	0,0000654



Gambar 9. Hubungan intensitas dan debit limpasan *rainfall simulator running test 2* vegetasi mangga

Untuk menghitung koefisien limpasan $CVmg$ digunakan persamaan (4).

Urutan perhitungan koefisien limpasan dapat dilihat pada lampiran B.

Tabel 13. Koefisien limpasan pada *runoff test* 3 vegetasi mangga

No.	Waktu (detik)	C ₂ Vmg	C ₃ Vmg
1	300	0,000	0,000
2	600	0,209	0,186
3	900	0,490	0,411
4	1200	0,563	0,568
5	1500	0,605	0,591
6	1800	0,619	0,524
7	2100	0,608	0,612
8	2400	0,619	0,580
9	2700	0,584	0,608
10	3000	0,562	0,621
11	3300	0,626	0,624
12	3600	0,626	0,542
13	3900	0,608	0,626
14	4200	0,615	0,597
15	4500	0,626	0,602
16	4800	0,608	0,557
17	5100	0,584	0,592
18	5400	0,524	0,509
19	5700	0,524	0,611
20	6000	0,556	0,612
21	6300	0,581	0,597
22	6600	0,608	0,618
23	6900	0,615	0,612
24	7200	0,621	0,612
25	7500	0,581	0,602
26	7800	0,598	0,621
27	8100	0,608	0,618
28	8400	0,605	0,618
29	8700	0,591	0,618
30	9000	0,591	0,624
31	9300	0,598	0,626
32	9600	0,598	0,612
33	9900	0,591	0,618
34	10200	0,591	0,618
35	10500	0,591	0,626
36	10800	0,000	0,626
37	11100	0,000	0,626
C tertinggi		0,626	0,626
Rata-rata		0,536	0,572



Gambar 10. Hubungan intensitas dan koefisien lmpasan pada runtuq: 12 vegetasi mangga

Debit lmpas (Q) yang ditrong menggunakan persamaan 3) lralan perhitungan dapat dilihat pada lampiran B.

Tabel 14. Debit lmpas dengan metode Rasio 1) untuk intensitas 12 vegetasi mangga

No.	Waktu (detik)	C_vmg	I2 (mm/detik)	N (m ²)	Q_{vmg} (m ³ /detik)
1	300	0,069	0,00080	1,2	0,000000
2	600	0,209	0,00080	1,2	0,000200
3	900	0,480	0,00080	1,2	0,000460
4	1200	0,563	0,00080	1,2	0,000540
5	1500	0,605	0,00080	1,2	0,000580
6	1800	0,619	0,00080	1,2	0,000593
7	2100	0,608	0,00080	1,2	0,000583
8	2400	0,619	0,00080	1,2	0,000593
9	2700	0,554	0,00080	1,2	0,000560
10	3000	0,608	0,00080	1,2	0,000583
11	3300	0,626	0,00080	1,2	0,000600

Tabel 14. Debit limpasan dengan metode Rasional untuk intensitas 12 vegetasi mangrove (tabel lanjutan)

No.	Waktu (detik)	C_2Vmg	I2 (m/detik)	A (m ²)	$Q_{12}Vmg$ (m ³ /detik)
12	3600	0,626	0,00080	1,2	0,0006000
13	3400	0,608	0,00080	1,2	0,0005833
14	4200	0,615	0,00080	1,2	0,0005900
15	4500	0,626	0,00080	1,2	0,0006000
16	4800	0,606	0,00080	1,2	0,0005833
17	5100	0,554	0,00080	1,2	0,0005600
18	5400	0,514	0,00080	1,2	0,0005400
19	5700	0,574	0,00080	1,2	0,0005500
20	6000	0,556	0,00080	1,2	0,0005333
21	6300	0,581	0,00080	1,2	0,0005567
22	6600	0,608	0,00080	1,2	0,0005833
23	6900	0,615	0,00080	1,2	0,0005900
24	7200	0,591	0,00080	1,2	0,0005767
25	7500	0,581	0,00080	1,2	0,0005567
26	7800	0,598	0,00080	1,2	0,0005733
27	8100	0,608	0,00080	1,2	0,0005833
28	8400	0,615	0,00080	1,2	0,0005900
29	8700	0,591	0,00080	1,2	0,0005667
30	9000	0,591	0,00080	1,2	0,0005667
31	9300	0,598	0,00080	1,2	0,0005733
32	9600	0,598	0,00080	1,2	0,0005733
33	9900	0,591	0,00080	1,2	0,0005667
34	10200	0,591	0,00080	1,2	0,0005667
35	10500	0,591	0,00080	1,2	0,0005667
36	10800	0,000	0,00080	1,2	0,0000000
37	11100	0,000	0,00080	1,2	0,0000000
Jumlah					0,0190233
Rata-Rata					0,0005141

Tabel 15. Debit limpasan dengan metode Rasional untuk intensitas 15 vegetasi mangrove

No.	Waktu (detik)	$C_p V_{mg}$	15 (m/detik)	A (m^2)	$Q_{15} V_{mg}$ (m^3 /detik)
1	300	0,000	0,00095	1,2	0,0000000
2	600	0,186	0,00095	1,2	0,0002133
3	900	0,411	0,00095	1,2	0,0004700
4	1200	0,568	0,00095	1,2	0,0006500
5	1500	0,691	0,00095	1,2	0,0006767
6	1800	0,784	0,00095	1,2	0,0006000
7	2100	0,812	0,00095	1,2	0,0007600
8	2400	0,820	0,00095	1,2	0,0006633
9	2700	0,809	0,00095	1,2	0,0006967
10	3000	0,821	0,00095	1,2	0,0007100
11	3300	0,824	0,00095	1,2	0,0007153
12	3600	0,842	0,00095	1,2	0,0006200
13	3900	0,806	0,00095	1,2	0,0006953
14	4200	0,797	0,00095	1,2	0,0006813
15	4500	0,803	0,00095	1,2	0,0006900
16	4800	0,557	0,00095	1,2	0,0006367
17	5100	0,597	0,00095	1,2	0,0006533
18	5400	0,619	0,00095	1,2	0,0006567
19	5700	0,612	0,00095	1,2	0,0007000
20	6000	0,612	0,00095	1,2	0,0007000
21	6300	0,501	0,00095	1,2	0,0006767
22	6600	0,618	0,00095	1,2	0,0007067
23	6900	0,612	0,00095	1,2	0,0007000
24	7200	0,612	0,00095	1,2	0,0007000
25	7500	0,693	0,00095	1,2	0,0006900
26	7800	0,621	0,00095	1,2	0,0007100
27	8100	0,618	0,00095	1,2	0,0007067
28	8400	0,618	0,00095	1,2	0,0007067
29	8700	0,618	0,00095	1,2	0,0007067
30	9000	0,624	0,00095	1,2	0,0007133
31	9300	0,626	0,00095	1,2	0,0007167
32	9600	0,612	0,00095	1,2	0,0007000
33	9900	0,618	0,00095	1,2	0,0007067
34	10200	0,618	0,00095	1,2	0,0007067
35	10500	0,626	0,00095	1,2	0,0007167
36	10800	0,626	0,00095	1,2	0,0007167
37	11100	0,626	0,00095	1,2	0,0007167
Jumlah					0,0241933
Rata-Rata					0,0006539



Gambar 11. Hubungan intensitas dan debit limpasan metode Rasional pada 2 vegetasi mangrove

Tabel 16. Debit limpasan dengan 12 dan 15 derajat rasional, vegetasi dan metode Rasional pada vegetasi mangrove 2 vegetasi mangrove

No.	Waktu (detik)	$Q_{12} \text{mg}$ ($10^3 \text{ m}^3/\text{detik}$)	$Q_{15} \text{mg}$ ($10^3 \text{ m}^3/\text{detik}$)	$Q_{12} \text{mg}$ ($10^3 \text{ m}^3/\text{detik}$)	$Q_{15} \text{mg}$ ($10^3 \text{ m}^3/\text{detik}$)
1	300	0,00	0,00	0,00	0,00
2	600	2,00	2,13	20,00	21,33
3	900	4,00	4,20	40,00	42,00
4	1200	5,40	6,50	54,00	65,00
5	1500	5,80	6,77	58,00	67,67
6	1800	5,93	6,90	59,33	69,00
7	2100	5,83	7,00	58,33	70,00
8	2400	5,93	6,63	59,33	66,33
9	2700	5,60	6,97	56,00	69,67
10	3000	5,83	7,10	58,33	71,00
11	3300	6,00	7,13	60,00	71,33
12	3600	6,00	6,70	60,00	67,00
13	3900	5,83	6,93	58,33	69,33

Tabel 16. Debit limpasan intensitas I2 dan I3 dengan *runoff simulator* dan metode Rasional pada *runoff test 2* vegetasi mangga (tabel lanjutan)

No.	Waktu (detik)	$Q_{s1}Vmg$ ($10^3 m^3/detik$)	$Q_{s2}Vmg$ ($10^3 m^3/detik$)	$Q_{s3}Vmg$ ($10^3 m^3/detik$)	$Q_{s4}Vmg$ ($10^3 m^3/detik$)
14	4200	5,90	6,53	50,00	68,33
15	4500	6,00	6,90	60,00	69,00
16	4800	5,33	6,37	53,33	63,67
17	5100	5,60	6,83	56,00	68,33
18	5400	5,50	6,97	55,00	69,67
19	5700	5,20	7,00	55,00	70,00
20	6000	5,23	7,00	55,33	70,00
21	6300	5,57	6,77	55,67	67,67
22	6600	5,83	7,07	58,33	70,67
23	6900	5,90	7,00	59,00	70,00
24	7200	5,27	7,00	57,67	70,00
25	7500	5,57	6,90	55,67	69,00
26	7800	5,73	7,10	57,33	71,00
27	8100	7,00	7,07	58,33	70,67
28	8400	5,80	7,07	58,00	70,67
29	8700	5,67	7,07	55,67	70,67
30	9000	5,67	7,13	56,67	71,33
31	9300	5,73	7,17	57,33	71,67
32	9600	5,73	7,00	57,33	70,00
33	9900	5,67	7,07	56,67	70,67
34	10200	5,67	7,07	56,67	70,67
35	10500	5,67	7,17	56,67	71,67
36	10800	0,00	7,17	0,00	71,67
37	11100	0,00	7,17	0,00	71,67
Jumlah		190,23	241,93	1902,33	2419,33
Rata-rata		5,14	6,54	51,41	65,39
Q Maks		6,00	7,17	60,00	71,67



Gambar 12. Jumlah debit limpasan intensitas 12 dan 18 dengan rainfall simulator dan metode Rasio 1 pada rainfall test 2 vegetasi bambu

D. Debit Limpasan *Ranung Test 3* dengan Vegetasi Bambu

Tabel di bawah ini menunjukkan debit limpasan pada *ranung test 3* dengan vegetasi bambu yang dimulai dari 5 menit sampai diperoleh dianggap konstan. Debit limpasan Q_{SVm} dihitung menggunakan persamaan 2.1. Untuk perhitungan dapat dilihat pada lampiran B.

Tabel 17. Debit limpasan dengan *rainfall simulator ranung test 3* vegetasi bambu

No.	Waktu (detik)	V_2V_{bm} (m ³)	V_3V_{bm} (m ³)	Q_{2Vbm} (m ³ /detik)	Q_{3Vbm} (m ³ /detik)
1.	300	0,0000	0,0000	0,0000000	0,0000000
2.	600	0,0065	0,0073	0,0000217	0,0000243
3.	900	0,0171	0,0208	0,0000570	0,0000695
4.	1200	0,0170	0,0174	0,0000567	0,0000580
5.	1500	0,0178	0,0202	0,0000593	0,0000673

Tabel 17. Debit limpasan dengan rainfall simulator running test 3 vegetasi bambu (tabel lanjutan)

No.	Waktu (detik)	V_2Vbm (m^3)	V_3Vbm (m^3)	$Q_{s2}Vbm$ ($m^3/detik$)	$Q_{s3}Vbm$ ($m^3/detik$)
6	1800	0,0178	0,0199	0,0000593	0,0000663
7	2100	0,0175	0,0201	0,0000583	0,0000670
8	2400	0,0146	0,0204	0,0000487	0,0000680
9	2700	0,0172	0,0176	0,0000573	0,0000587
10	3000	0,0170	0,0200	0,0000567	0,0000667
11	3300	0,0175	0,0205	0,0000583	0,0000683
12	3600	0,0175	0,0205	0,0000583	0,0000683
13	3900	0,0171	0,0204	0,0000570	0,0000680
14	4200	0,0170	0,0206	0,0000567	0,0000687
15	4500	0,0178	0,0209	0,0000593	0,0000697
16	4800	0,0179	0,0207	0,0000597	0,0000690
17	5100	0,0172	0,0206	0,0000577	0,0000687
18	5400	0,0173	0,0211	0,0000577	0,0000703
19	5700	0,0177	0,0206	0,0000590	0,0000683
20	6000	0,0179	0,0206	0,0000597	0,0000687
21	6300	0,0175	0,0204	0,0000583	0,0000680
22	6600	0,0175	0,0210	0,0000583	0,0000700
23	6900	0,0178	0,0212	0,0000593	0,0000707
24	7200	0,0176	0,0212	0,0000593	0,0000707
25	7500	0,0179	0,0216	0,0000597	0,0000720
26	7800	0,0172	0,0215	0,0000590	0,0000717
27	8100	0,0179	0,0212	0,0000597	0,0000707
28	8400	0,0180	0,0210	0,0000600	0,0000700
29	8700	0,0182	0,0216	0,0000607	0,0000720
30	9000	0,0182	0,0214	0,0000607	0,0000713
31	9300	0,0178	0,0211	0,0000593	0,0000703
32	9600	0,0178	0,0215	0,0000593	0,0000717
33	9900	0,0178	0,0217	0,0000593	0,0000723
34	10200	0,000	0,0217	0,0000000	0,0000723
35	10500	0,000	0,0217	0,0000000	0,0000723
Jumlah		0,549	0,690	0,0018313	0,0022997
Rata-rata		0,017	0,020	0,0000555	0,0000657



Gambar 13 Hubungan infiltrasi dan debit limpasan runoff *Arabisia purpurascens* 3 vegetasi bambu

Untuk menghitung koefisien limpasan C_{sVbm} digunakan persamaan (4)

Urutan perhitungan koefisien limpasan dapat dilihat pada lampiran II

Tabel 18. Koefisien limpasan pada *Arabisia purpurascens* 3 vegetasi bambu

No.	Waktu (detik)	C_{sVbm}	C_{sVbm}
1	300	0,093	0,000
2	600	0,226	0,213
3	900	0,595	0,606
4	1200	0,591	0,507
5	1500	0,619	0,589
6	1800	0,619	0,580
7	2100	0,608	0,586
8	2400	0,508	0,594
9	2700	0,598	0,513
10	3000	0,591	0,583

Tabel 18. Koefisien impasan pada *running test* 3 vegetasi bambu (tabel lanjutan)

No.	Waktu	C_2V_{hm}	C_3V_{hm}
	(detik)		
11	3300	0,608	0,597
12	3600	0,608	0,597
13	3900	0,595	0,594
14	4200	0,591	0,600
15	4500	0,619	0,609
16	4800	0,622	0,603
17	5100	0,601	0,606
18	5400	0,601	0,615
19	5700	0,613	0,597
20	6000	0,622	0,600
21	6300	0,608	0,594
22	6600	0,608	0,612
23	6900	0,619	0,613
24	7200	0,619	0,618
25	7500	0,622	0,629
26	7800	0,615	0,626
27	8100	0,621	0,618
28	8400	0,626	0,612
29	8700	0,633	0,629
30	9000	0,633	0,624
31	9300	0,619	0,615
32	9600	0,619	0,626
33	9900	0,619	0,632
34	10200	0,600	0,632
35	10500	0,600	0,632
C tertinggi		0,633	0,632
Rata-rata		0,546	0,574



Gambar 14. Hubungan debit limpasan dan koefisien limpasan pada saluran test 3 vegetasi bambu

Debit limpasan Q_{xVbm} dihitung menggunakan persamaan (5). Urutan perhitungan dapat dilihat pada lampiran B

Tabel 19. Debit limpasan dengan metode Rasmussen untuk vegetasi 12 vegetasi bambu

No.	Waktu (detik)	$C_x Vbm$	12 (m/detik)	A (m^2)	Q_{xVbm} ($m^3/detik$)
1	300	0,000	0,00080	1,2	0,0000000
2	600	0,226	0,00080	1,2	0,0002167
3	900	0,595	0,00080	1,2	0,0005700
4	1200	0,591	0,00080	1,2	0,0005667
5	1500	0,619	0,00080	1,2	0,0005933
6	1800	0,619	0,00080	1,2	0,0005933
7	2100	0,608	0,00080	1,2	0,0005833
8	2400	0,508	0,00080	1,2	0,0004867
9	2700	0,598	0,00080	1,2	0,0005733
10	3000	0,591	0,00080	1,2	0,0005667
11	3300	0,608	0,00080	1,2	0,0005833

Tabel 19. Debit limpasan dengan metode Rasional untuk intensitas 12 vegetasi bambu (tabel lanjutan)

No.	Waktu (detik)	C_1Vbm	12 (m/detik)	A (m ²)	$Q_{12}Vbm$ (m ³ /detik)
12	3600	0,608	0,00080	1,2	0,0005833
13	3900	0,595	0,00080	1,2	0,0005700
14	4200	0,591	0,00080	1,2	0,0005667
15	4500	0,619	0,00080	1,2	0,0005923
16	4800	0,672	0,00090	1,2	0,0005967
17	5100	0,651	0,00080	1,2	0,0005767
18	5400	0,694	0,00090	1,2	0,0005767
19	5700	0,673	0,00080	1,2	0,0005600
20	6000	0,672	0,00080	1,2	0,0005967
21	6300	0,603	0,00080	1,2	0,0005833
22	6600	0,604	0,00080	1,2	0,0005833
23	6900	0,619	0,00080	1,2	0,0005923
24	7200	0,619	0,00080	1,2	0,0005933
25	7500	0,622	0,00090	1,2	0,0005967
26	7800	0,615	0,00080	1,2	0,0005900
27	8100	0,622	0,00090	1,2	0,0005967
28	8400	0,626	0,00080	1,2	0,0006000
29	8700	0,633	0,00080	1,2	0,0006067
30	9000	0,653	0,00080	1,2	0,0006067
31	9300	0,619	0,00080	1,2	0,0005933
32	9600	0,619	0,00080	1,2	0,0005933
33	9900	0,619	0,00080	1,2	0,0005933
34	10200		0,00080	1,2	
Jumlah					0,0183133
Rata-Rata					0,0005549

Tabel 20. Debit limpasan dengan metode Rasional untuk intensitas 15 vegetasi bambu

No.	Waktu (detik)	C_1Vbm	15 (m/detik)	A (m ²)	$Q_{15}Vbm$ (m ³ /detik)
1	300	0,090	0,00095	1,2	0,0000000
2	600	0,213	0,00095	1,2	0,0002433
3	900	0,606	0,00095	1,2	0,0006933
4	1200	0,507	0,00095	1,2	0,0005800
5	1500	0,589	0,00095	1,2	0,0006733

Tabel 20. Debit limpasan dengan metode Rasional untuk intensitas 15 vegetasi bambu (tabel lanjutan)

No.	Waktu (detik)	CsVbm	I5 (m/detik)	A (m ²)	Q ₅ Vbm (m ³ /detik)
6	1800	0,580	0,00095	1,2	0,0006633
7	2100	0,586	0,00095	1,2	0,0006700
8	2400	0,594	0,00095	1,2	0,0006800
9	2700	0,513	0,00095	1,2	0,0005867
10	3000	0,583	0,00095	1,2	0,0006667
11	3300	0,597	0,00095	1,2	0,0006833
12	3600	0,597	0,00095	1,2	0,0006833
13	3900	0,594	0,00095	1,2	0,0006800
14	4200	0,600	0,00095	1,2	0,0006867
15	4500	0,609	0,00095	1,2	0,0006967
16	4800	0,603	0,00095	1,2	0,0006900
17	5100	0,610	0,00095	1,2	0,0006967
18	5400	0,615	0,00095	1,2	0,0007033
19	5700	0,603	0,00095	1,2	0,0006900
20	6000	0,600	0,00095	1,2	0,0006867
21	6300	0,593	0,00095	1,2	0,0006800
22	6600	0,612	0,00095	1,2	0,0007000
23	6900	0,615	0,00095	1,2	0,0007067
24	7200	0,618	0,00095	1,2	0,0007067
25	7500	0,629	0,00095	1,2	0,0007200
26	7800	0,626	0,00095	1,2	0,0007167
27	8100	0,618	0,00095	1,2	0,0007067
28	8400	0,612	0,00095	1,2	0,0007000
29	8700	0,629	0,00095	1,2	0,0007200
30	9000	0,624	0,00095	1,2	0,0007133
31	9300	0,615	0,00095	1,2	0,0007033
32	9600	0,626	0,00095	1,2	0,0007167
33	9900	0,632	0,00095	1,2	0,0007233
34	10200	0,632	0,00095	1,2	0,0007233
35	10500	0,632	0,00095	1,2	0,0007233
Jumlah					0,0229967
Rata-Rata					0,0006570



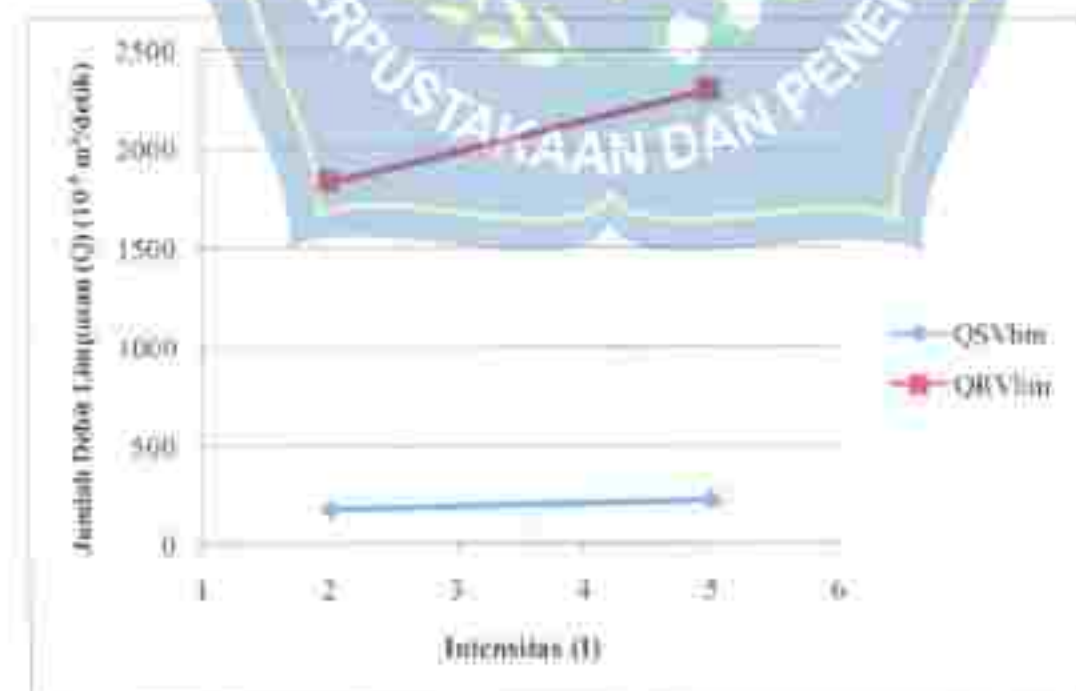
Gambar 15 Hubungan Intensitas Hujan dengan Jumlah Residu Salinitas dari 3 vegetasi hamba

Tabel 21. Debit limpasan intensitas G dari 15 dengan rumus amalan dan metode Rasional pada kondisi 1 of 3 vegetasi hamba

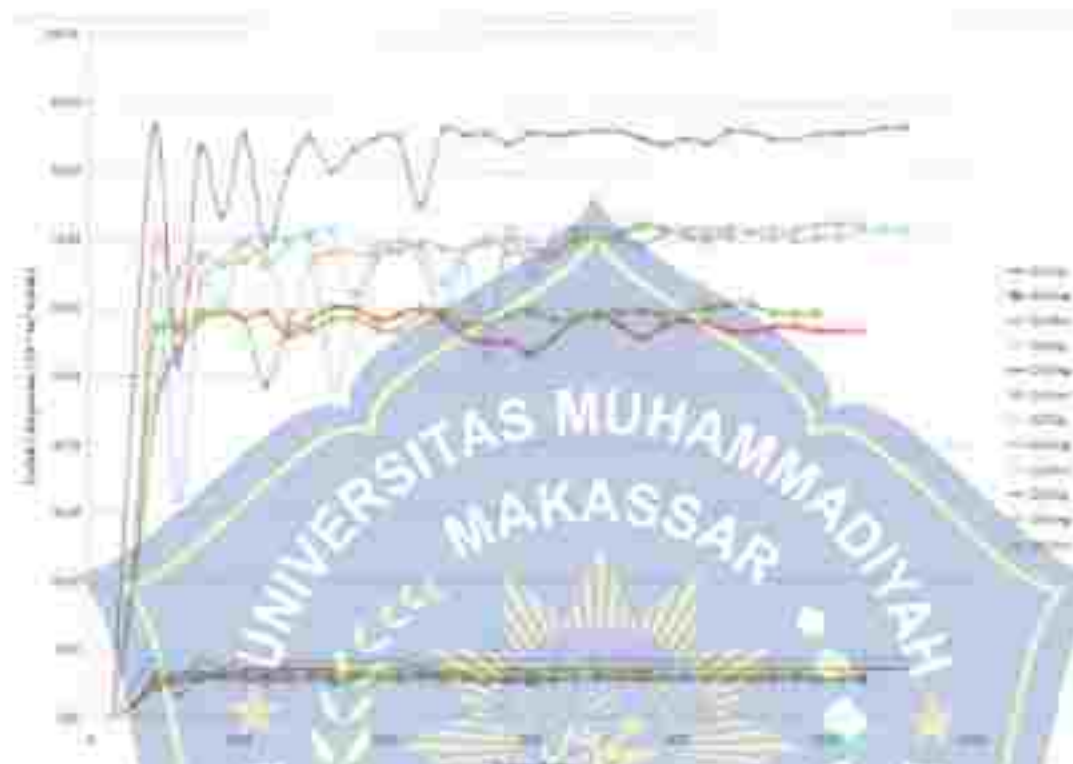
No.	Waktu (detik)	$Q_1 V_{bm}$ ($10^3 m^3/detik$)	$Q_2 V_{bm}$ ($10^3 m^3/detik$)	$Q_3 V_{bm}$ ($10^3 m^3/detik$)	$Q_4 V_{bm}$ ($10^3 m^3/detik$)
1	300	0,00	0,00	0,00	0,00
2	600	2,47	2,43	21,67	24,33
3	900	5,70	6,02	55,30	69,33
4	1200	5,07	5,80	56,67	58,00
5	1500	5,04	6,73	59,33	67,33
6	1800	5,93	6,63	59,33	60,33
7	2100	5,83	6,70	58,33	67,00
8	2400	4,87	6,80	48,67	68,00
9	2700	5,73	5,87	57,33	58,67
10	3000	5,67	6,67	56,67	66,67
11	3300	5,83	6,82	58,33	68,33
12	3600	5,83	6,83	58,33	68,33
13	3900	5,70	6,80	57,00	58,00
14	4200	5,67	6,87	56,67	68,67
15	4500	5,93	6,97	59,33	69,67
16	4800	5,97	6,90	59,67	69,00
17	5100	5,77	6,87	57,67	68,67
18	5400	5,77	7,03	57,67	70,33
19	5700	5,90	6,83	59,00	68,33
20	6000	5,97	6,87	59,67	68,67

Tabel 2.1. Debit limpasan intensitas 12 dan 15 dengan *rainfall simulator* dan metode Rasional pada *running test* 3 vegetasi bambu (tabel lanjutan)

No.	Waktu (detik)	$Q_{12}V_{bm}$ ($10^{-3} m^3/detik$)	$Q_{15}V_{bm}$ ($10^{-3} m^3/detik$)	$Q_{12}V_{bm}$ ($10^{-3} m^3/detik$)	$Q_{15}V_{bm}$ ($10^{-3} m^3/detik$)
21	6300	5,83	6,80	58,33	68,00
22	6600	5,83	7,00	58,33	70,00
23	6900	5,93	7,07	59,33	70,67
24	7200	5,93	7,07	59,33	70,67
25	7500	5,97	7,20	59,67	72,00
26	7800	5,90	7,37	59,00	71,67
27	8100	5,97	7,67	59,67	76,67
28	8400	6,00	7,00	60,00	70,00
29	8700	6,07	7,03	60,67	71,00
30	9000	6,07	7,13	60,67	71,33
31	9300	5,93	7,03	59,33	70,33
32	9600	5,93	7,07	59,33	71,67
33	9900	5,93	7,23	59,33	72,33
34	10200	6,03	7,23	60,00	72,33
35	10500	6,13	7,23	61,00	72,33
Jumlah		183,13	219,97	1831,33	2199,67
Rata-rata		5,55	6,57	55,49	65,70
Q Maks		6,07	7,23	60,67	72,33



Gambar 16. Jumlah debit limpasan intensitas 12 dan 15 dengan *rainfall simulator* dan metode Rasional pada *running test* 3 vegetasi bambu



Gambar 17. Hubungan antara debit limpasan pada hasil rainfall simulator dan hasil metode Rasional

Keterangan:

- $Q_{c1}Tvg$ = Debit limpasan 12 rainfall simulator tanpa vegetasi (m^3 /detik)
- $Q_{c1}Vmg$ = Debit limpasan 12 rainfall simulator vegetasi mangga (m^3 /detik)
- $Q_{c1}Vbm$ = Debit limpasan 12 rainfall simulator vegetasi bambu (m^3 /detik)
- $Q_{c1}Tvg$ = Debit limpasan 15 rainfall simulator tanpa vegetasi (m^3 /detik)
- $Q_{c1}Vmg$ = Debit limpasan 15 rainfall simulator vegetasi mangga (m^3 /detik)
- $Q_{c1}Vbm$ = Debit limpasan 15 rainfall simulator vegetasi bambu (m^3 /detik)
- $Q_{c2}Tvg$ = Debit limpasan 12 metode Rasional tanpa vegetasi (m^3 /detik)
- $Q_{c2}Vmg$ = Debit limpasan 12 metode Rasional vegetasi mangga (m^3 /detik)
- $Q_{c2}Vbm$ = Debit limpasan 12 metode Rasional vegetasi bambu (m^3 /detik)
- $Q_{c3}Tvg$ = Debit limpasan 15 metode Rasional tanpa vegetasi (m^3 /detik)
- $Q_{c3}Vmg$ = Debit limpasan 15 metode Rasional vegetasi mangga (m^3 /detik)
- $Q_{c3}Vbm$ = Debit limpasan 15 metode Rasional vegetasi bambu (m^3 /detik)

E. Pengaruh Intensitas Curah Hujan Terhadap Limpasan Permukaan

Dari hasil penelitian diperoleh data yang memperlihatkan bahwa, nilai limpasan permukaan pada tiap intensitas curah hujan dengan berbagai variasi vegetasi yang diukur berdasarkan perhitungan debit limpasan simulator (Q_s) dan metode Rasional (Q_R), menunjukkan perbedaan yang signifikan.

Tabel 22. Jumlah debit limpasan yang dihasilkan dari variasi pada variasi vegetasi

Intensitas Curah Hujan Periode Ulang	Jumlah Debit Limpasan ($10^3 \text{ m}^3/\text{detik}$)		
	Tanpa Vegetasi (Q_s)	Vegetasi Mangga (Q_s)	Vegetasi Bambu (Q_s)
12	8,753	215,167	190,235
15	0,503	235,367	241,533
	Tanpa Vegetasi (Q_R)	Vegetasi Mangga (Q_R)	Vegetasi Bambu (Q_R)
12	8,753	215,167	190,235
12	8,064	233,67	293,67



Gambar 18. Hubungan intensitas dan debit limpasan pada variasi vegetasi hasil *running test rainfall simulator* dan metode Rasional

Berdasarkan hasil uji *runoff simulator*, nilai debit limpasan mengalami peningkatan tiap intensitasnya, dimana jumlah debit limpasan yang dihasilkan intensitas curah hujan periode ulang 5 tahun (15) dengan intensitas 6,864 liter/menit lebih besar dari intensitas curah hujan periode ulang 2 tahun (12) dengan intensitas 5,753 liter/menit.

Dapat dilihat pada gambar 18, pada run-off area 1 tanpa vegetasi, intensitas curah hujan dengan periode ulang 2 tahun (12) menghasilkan keluaran debit sebesar $215.167 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{detik}$ dalam waktu 185 menit. Hal itu akan/waktu yang sama pada run-off area curah hujan dengan periode ulang 5 tahun (15) keluaran debit yang dihasilkan meningkat jauh lebih besar dibanding keluaran 12, yaitu sebesar $295.362 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{detik}$.

Peningkatan juga terjadi pada run-off area ke-2 dan ke-3. Hal ini membuktikan bahwa semakin besar intensitas curah hujan yang terjadi, maka semakin besar pula limpasan permukaan yang terjadi.



Gambar 19. Hubungan variasi vegetasi dan debit limpasan pada tiap intensitas

Debit limpasan yang dihasilkan dari variasi vegetasi pada tiap intensitas berbeda-beda. Berdasarkan hasil perhitungan *rainfall simulator*, keadaan tanah tanpa vegetasi menghasilkan rata-rata debit limpasan terbesar pada tiap intensitasnya, yaitu I2 sebesar $6,338 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{detik}$ dan I5 sebesar $7,983 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{detik}$. Tanah dengan vegetasi bambu menghasilkan rata-rata debit limpasan yaitu I2 sebesar $5,549 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{detik}$ dan I5 sebesar $6,570 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{detik}$. Tanah dengan vegetasi mungga menghasilkan rata-rata lebih rendah dari kedua variasi vegetasi lainnya, yaitu I2 sebesar $3,141 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{detik}$ dan I5 sebesar $6,332 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{detik}$.

Peningkatan debit limpasan yang terjadi menunjukkan bahwa besarnya intensitas mempengaruhi besar laju limpasan. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Kuslita Wahyu P. dkk (2012) dalam jurnalnya ia menyebutkan bahwa debit limpasan permukaan terjadi jika air hujan yang jatuh lebih besar dari kapasitas infiltrasi pada tanah. Kondisi ini sangat dipengaruhi oleh berbagai hal, diantaranya intensitas hujan, karakteristik lahan, karakteristik tanah, kemiringan lahan dan kepadatan tanah.

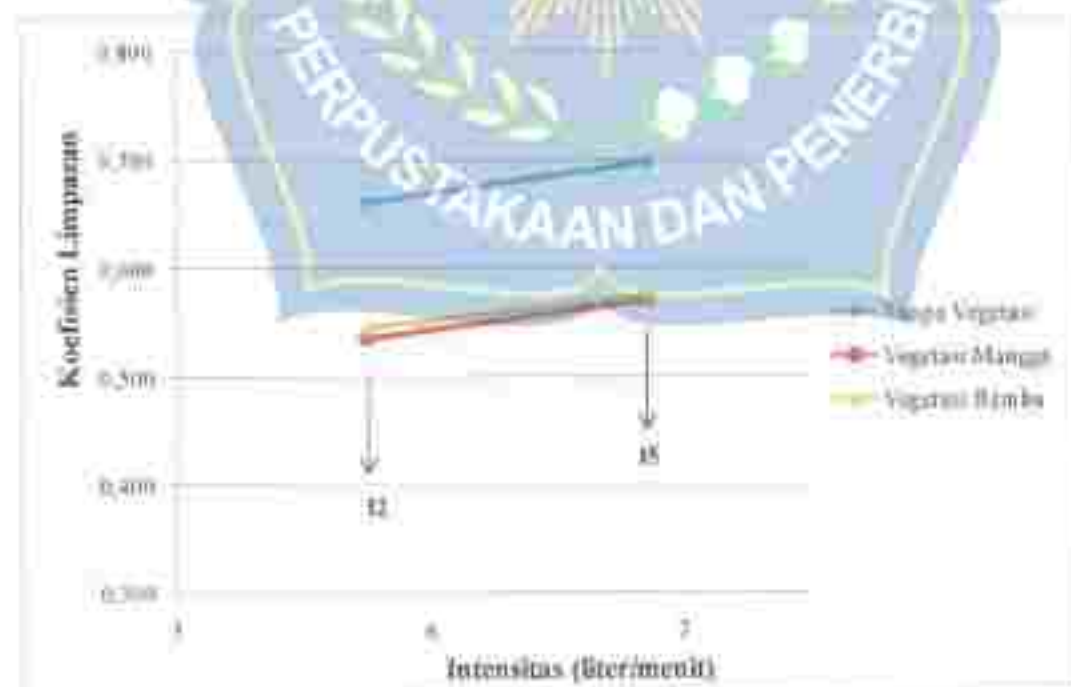
Keadaan tanah tanpa vegetasi menghasilkan rata-rata debit limpasan yang lebih besar dari rata-rata debit limpasan pada kondisi tanah dengan vegetasi, ini menunjukkan bahwa kondisi tutupan lahan mempengaruhi jumlah limpasan. Menurut Rahim (2006) jumlah air yang menjadi limpasan ini sangat bergantung kepada jumlah air hujan per satuan waktu (intensitas), keadaan penutup tanah, topografi, jenis tanah dan ada atau tidaknya hujan yang terjadi sebelumnya serta luas area tangkapan.

F. Pengaruh Intensitas Curah Hujan Terhadap Koefisien Limpasan

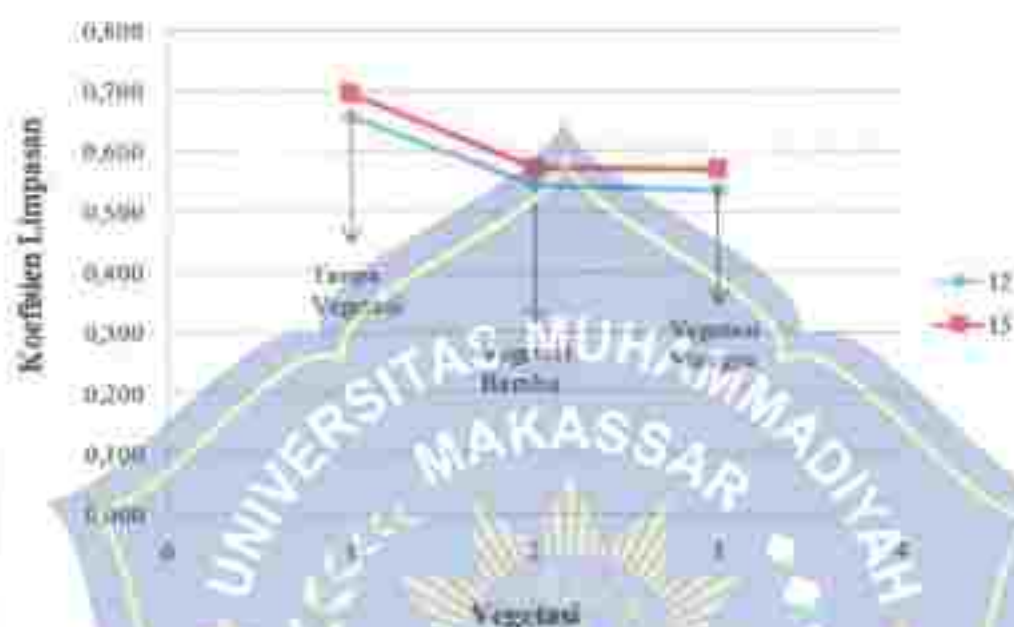
Nilai C yang besar menunjukkan bahwa lebih banyak air hujan yang menjadi aliran permukaan. Nilai C berkisar antara 0-1. Nilai $C = 0$ menunjukkan bahwa semua air hujan berdistribusi menjadi air intercept dan terutama infiltrasi, sedangkan untuk nilai $C = 1$ menunjukkan bahwa semua air hujan mengalir sebagai aliran permukaan (Purwana, 2012).

Tabel 23. Koefisien limpasan yang dihasilkan tiap intensitas curah hujan pada semua vegetasi

Intensitas Curah Hujan Periode Ulang		Koefisien Limpasan Rata-Rata		
(liter/menit)		Tanpa Vegetasi	Vegetasi Mangga	Vegetasi Bambu
12	5,752	0,662	0,536	0,246
15	6,564	0,698	0,572	0,574



Gambar 20. Hubungan intensitas dan koefisien limpasan pada variasi vegetasi



Gambar 23. Hubungan Vegetasi dan koefisien limpasan pada tiap intensitas

Rata-rata koefisien yang dihasilkan pada intensitas 12 untuk tanah tanpa vegetasi adalah 0,166; vegetasi bambu 0,346, dan vegetasi mangga 0,516. Pada intensitas 15 rata-rata koefisien mengalami peningkatan dimana tanah tanpa vegetasi koefisiennya adalah 0,698; vegetasi bambu 0,572, dan vegetasi mangga 0,572. Adanya peningkatan pada tiap intensitas menunjukkan bahwa besarnya intensitas juga mempengaruhi besarnya koefisien limpasan.

Perbedaan nilai koefisien pada tiap variasi vegetasi menunjukkan adanya pengaruh yang dapat ditimbulkan oleh vegetasi terhadap koefisien limpasan. Sutrisno (2004) mengemukakan, faktor utama yang mempengaruhi nilai koefisien limpasan (C) adalah laju infiltrasi tanah atau persentase lahan kedap air, kemiringan lahan, tanaman penutupian tanah dan intensitas hujan.

Dapat dilihat pada gambar 24, tanah tanpa vegetasi memiliki rata-rata nilai koefisien tertinggi pada tiap intensitas dibandingkan dengan nilai koefisien pada

tanah yang bervegetasi yaitu tanah dengan vegetasi manga dan bambu. Hal ini menunjukkan bahwa vegetasi dan intensitas mempengaruhi nilai koefisien limpasan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa vegetasi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi nilai koefisien (C), besarnya cakupan vegetasi berbanding terbalik dengan koefisien limpasan, dimana tanah dengan vegetasi akan memiliki limpasan permukaan yang lebih kecil dari tanah tanpa vegetasi.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan yang diperoleh pada penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Besarnya intensitas (I) mempengaruhi besaran limpasan (Q), dan jumlah debit limpasan mengalami peningkatan seiring meningkatnya intensitas curah hujan. Intensitas curah hujan (I) berbanding lurus dengan besaran limpasan permukaan (Q) dan koefisien limpasan (C), semakin besar intensitas curah hujan yang terjadi, maka semakin besar pula limpasan permukaan dan koefisien limpasan.
2. Vegetasi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi nilai koefisien limpasan (C). Besarnya vegetasi berbanding terbalik dengan koefisien limpasan, dimana tanah dengan tingkat vegetasi yang tinggi akan memiliki tingkat limpasan permukaan yang lebih rendah dari tanah tanpa vegetasi dan sebaliknya.

B. Saran

1. Dalam pengukuran limpasan dengan menggunakan *rainfall simulator* tipe *basic hydrology system*, sebaiknya diperhatikan dengan teliti pada bagian operasional tutup hujan dan pompa bak limpasan, keluuran limpasan diukur dengan tepat tiap selang waktu yang digunakan.

2. Pengamatan limpasan dengan variasi kemiringan dan metode perhitungan yang berbeda sebaiknya dilanjutkan pada penelitian berikutnya.



DAFTAR PUSTAKA

- Akara, Radu, Sarino, dan Agus Lestari Yuwono. 2016. *Pengaruh Intensitas Hujan dan Penutupan Lahan (Land Cover) Terhadap Nilai Aliran Permukaan (C) Menggunakan Rainfall Simulator*. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Analisa Curah Hujan. <https://www.youtube.com/watch?v=3M10H100000> (diunduh tanggal 23 Oktober 2019, 22:37)
- Analisa Hidrologi. <https://www.youtube.com/watch?v=3M10H100000> (diunduh tanggal 23 Oktober 2019, 22:35)
- Arsyad S. 2010. *Kekonservasian Tanah dan Air*. Bogor: IPH Press.
- Asdak, Chay. 2012. *Hidrologi dan Pengolahan Air*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Cipto, Hendri. 2019. *Hujan deras dan banjir kerucut, Makasar dan 6 Kabupaten di Sulawesi Tenggara banjir*. Makassar: KOMPASS.com
- Hamayani W, Indrati Y. 2011. *Analisa Hubungan Curah Hujan dan Debit Sub DAS Nyalabero Sulawesi Tengah*. Cima. Balai Penelitian Kehutanan Cima.
- Latumury, Holiturya, Totok Gunawan, dan Shamet Supriyogo. 2012. *Pengaruh Ketepatan Pengukuran Perangkap Hujan Terhadap Karakteristik Rensasi Hidrograf Pada Beberapa Sub-das Di Provinsi Jawa Tengah dan Provinsi DI Yogyakarta*. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada Indonesia.
- Latif, Ahmad. 2002. *Kajian Pengaruh Curah Hujan Terhadap Limpasan Permukaan (Run-off) di Daerah Aliran Sungai (DAS) Cilowung dengan Menggunakan Metode Regresi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Prabowo, Rudianto Wahyu dkk. 2014. *Analisa Debit Limpasan Permukaan Dengan Menggunakan Alat Rainfall Simulator Pada Tanah Dengan Variasi Kepakanan*. Malang: Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Pratama, H. A. 2012. Hasil Penelitian Fakultas Teknik. *Model Eksperimen Pengaruh Kepakanan, Intensitas, Curah Hujan, dan Kemiringan Terhadap Resapan pada Tanah Organik*. Makassar: Fakultas Teknik Universitas Hasanudin.

Purbia, Mahardika Putra. 2009. *Besut Aliran Permukiman Dhuw-Offi Pada Berbagai Tipe Kelereng-an Dibeueub Tegakkan Eucalyptus spp.* Medan: Universitas Sumatera Utara.

Rahardian, Anditi dan Imam Buchori. 2016. *Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Limpaan Permukiman Dan Laju Aliran Puncak Sub DAS Gagalwang Hulu-Kabupaten Jember.* Semarang: Bina Penerbit Planologi Undip.

Saputro, Cahyo Indro, Bambang Surandm, dan Muhammad Amin. 2018. *Pemparuh Jenis Perumahan (Kusuk) Besut Limpaan Air.* Magelang: Universitas Udan.

Staddal, Ikrama, Cheng, Haridjaja, dan Gayu Indrasi. 2016. *Analisa Deyre Aliran Sungai DAS Di Ar Nalawen Selatan.*

Soputra, I Ketut. 2017. *Cerbitangan Intensitas Hujan Hecuarukun Arun Curuh Hujan Di Kota Denpasar.* Denpasar: Universitas Uda, ma.

Verrina, Yona, Putra, Dima, Dax, Amigrah, dan Suxito. 2013. *Analisa Run-Off Pada Suet DAS Lamanang Hulu.* Palembang: Universitas Srowaya.



Tabel Skema *runing test* untuk tiga variasi tutupan tanah (T_{vg} , V_{mg} dan V_{hm}) dan dua intensitas curah hujan (12 dan 15)

Tutupan Tanah	Intensitas Curah Hujan	Kejadian	Nomor Running
T_{vg}	12	11	1
	15	15	2
V_{mg}	12	11	3
	15	12	4
V_{hm}	12	11	5
	15	12	6
Jumlah Running: $(180 \text{ menit}) \times 6$			216 data

LEMBIRAN A: DATA HASIL RUNNING TEST PADA RAINFALL SIMULATOR

A. Limpasan

Tabel 1. Volume limpasan pada zeringgus di Palopo setiap jam

No.	Waktu (menit)	V ₁ T _{avg} (liter)	V ₂ T _{avg} (liter)
1	5	0	0
2	10	0,1	15
3	15	0,5	15,5
4	20	0,9	19,4
5	25	1,1	21
6	30	1,7	21,5
7	35	2,1	21,4
8	40	21,3	20,8
9	45	2,1	21
10	50	2,1	21,5
11	55	14,5	21
12	60	17,5	21,5
13	65	16	21,5
14	70	24	20,5
15	75	2,2	21,4
16	80	17,5	21,8
17	85	16	21,6
18	90	16,2	21,5
19	95	21,5	25,2
20	100	19,8	20,2
21	105	21,2	21,5
22	110	21,5	21,5
23	115	21,4	21,4
24	120	21,4	20,4
25	125	21,5	21,4
26	130	21,6	21,2
27	135	21,5	21,3
28	140	21,5	21,3
29	145	21,5	21,3
30	150	21,4	21,3
31	155	21,2	21,4
32	160	20,3	21,5
33	165	21,3	21,5
34	170	21,3	21,5
35	175		21,4
36	180		20
37	185		20
Jumlah		645,5	850,1
Rata-rata		19,0	21,9

Tabel 2. Volume limpasan pada *ramting test* 2 vegetasi mangrove

No.	Waktu (menit)	V ₁ Vmg (liter)	V ₂ Vmg (liter)
1	5	0	0
2	10	6	6,4
3	15	13,8	14,1
4	20	16,2	19,5
5	25	17,4	20,3
6	30	17,8	18
7	35	17,5	21
8	40	17,6	19,9
9	45	16,8	20,9
10	50	17,5	21,1
11	55	18	21,4
12	60	18	18,6
13	65	17,5	20,8
14	70	17,7	20,5
15	75	18	20,7
16	80	17,8	19,1
17	85	16,8	20,5
18	90	16,5	20,9
19	95	16,5	21
20	100	16	21
21	105	16,7	20,3
22	110	17,5	21,2
23	115	17,5	21
24	120	17,5	21
25	125	16,7	20,7
26	130	17,2	21,5
27	135	17,4	21,2
28	140	17,4	21,2
29	145	17	21,2
30	150	17	21,4
31	155	17,2	21,5
32	160	17,2	21
33	165	17	21,2
34	170	17	21,2
35	175	17	21,5
36	180		21,5
37	185		21,5
Jumlah		570,7	725,8
Rata-rata		16,3	19,6

Tabel 3. Volume injeksi pada *minomix test 3* vegetasi bambu

No.	Waktu (menit)	V ₁ V ₁ hm (liter)	V ₂ V ₂ hm (liter)
1	5	10	0
2	10	16,7	7,3
3	15	17,1	20,8
4	20	17	17,4
5	25	17,8	20,2
6	30	17,8	19,9
7	35	17,8	20,1
8	40	18,6	20,2
9	45	17	17,0
10	50	17	17
11	55	17,3	20,3
12	60	17,5	20,5
13	65	17,1	20,4
14	70	17,7	20,6
15	75	17,8	20,9
16	80	17,4	20,7
17	85	17,3	20,6
18	90	17,7	21,1
19	95	17,7	20,8
20	100	17,7	20,7
21	105	17,8	20,3
22	110	17,8	21
23	115	17,8	21,2
24	120	17,8	21,2
25	125	17,8	21,6
26	130	17,8	21,8
27	135	17,8	21,8
28	140	18	21
29	145	18,7	21,6
30	150	18,7	21,3
31	155	18,8	21,1
32	160	17,8	21,5
33	165	17,8	21,7
34	170		21,7
35	175		21,7
Jumlah		540,4	689,9
Rata-rata		16,6	19,7



Gambar 1. Hubungan waktu dan volume limpasan pada *runoff test* 1 tanpa vegetasi



Gambar 2. Hubungan waktu dan volume limpasan pada *runoff test* 1 vegetasi marigold



Gambar 3. Hubungan waktu dan volume limpasan pada running test 1 sayuran bambu.

Makassar, Oktober 2020

Mengetahui,

Asisten Laboratorium



B. Infiltrasi

Tabel 4. Volume infiltrasi pada *running test* I tanpa vegetasi

No.	Waktu (menit)	12 (liter)	15 (liter)
1	5	0	0
2	10	0	0
3	15	0	0
4	20	0	0,3
5	25	0,6	0,8
6	30	0,75	1,15
7	35	1	1,45
8	40	1,65	2,01
9	45	1,96	2,23
10	50	2,68	2,56
11	55	2,7	2,85
12	60	3,72	3,63
13	65	2,75	2,95
14	70	2,9	2,96
15	75	2,8	3,01
16	80	2,7	2,97
17	85	2,9	2,92
18	90	2,89	2,95
19	95	2,8	3,11
20	100	2,9	2,98
21	105	2,92	2,99
22	110	2,87	2,96
23	115	2,87	2,95
24	120	2,75	2,8
25	125	2,54	2,9
26	130	2,6	2,9
27	135	2,95	2,86
28	140	2,95	2,86
29	145	2,95	2,89
30	150		2,78
31	155		2,89
32	160		2,84
33	165		2,83
34	170		2,85
35	175		2,85
36	180		2,78
37	185		2,78
Jumlah		62,10	88,91
Rata-Rata		2,14	2,40

Tabel 5. Volume infiltrasi pada *rainings test* 2 vegetasi mungga

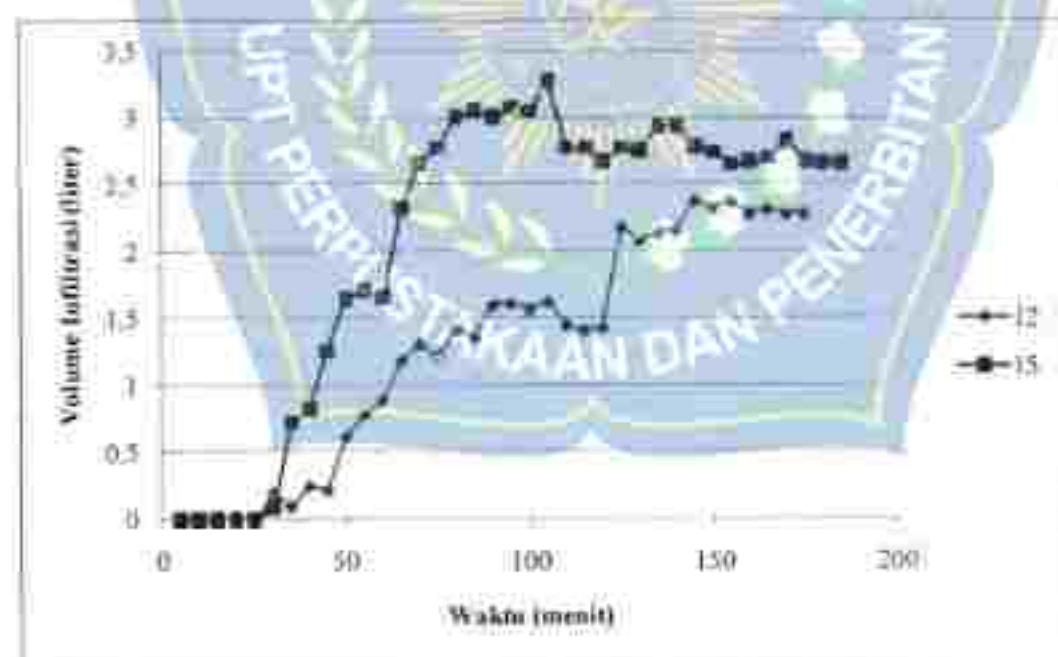
No.	Waktu (menit)	I2 (liter)	I5 (liter)
1	5	0	0
2	10	0	0
3	15	0	0
4	20	0	0
5	25	0	0
6	30	0,2	0,1
7	35	0,1	0,72
8	40	0,25	0,87
9	45	0,5	1,75
10	50	0,62	1,65
11	55	0,78	1,71
12	60	0,9	1,66
13	65	1,19	2,33
14	70	1,31	2,66
15	75	1,22	2,78
16	80	1,42	3,01
17	85	1,36	3,06
18	90	1,6	3,01
19	95	1,61	3,08
20	100	1,57	3,05
21	105	1,62	3,28
22	110	1,45	2,78
23	115	1,41	2,78
24	120	1,43	2,68
25	125	2,18	2,78
26	130	2,08	2,76
27	135	2,14	2,94
28	140	2,16	2,94
29	145	2,38	2,79
30	150	2,32	2,75
31	155	2,37	2,65
32	160	2,28	2,68
33	165	2,31	2,7
34	170	2,28	2,83
35	175	2,28	2,68
36	180		2,66
37	185		2,66
Jumlah		45,04	78,25
Rata-Rata		1,29	2,11

Tabel 6. Volume infiltrasi pada *running test* 2 vegetasi bambu.

No.	Waktu (menit)	I2 (liter)	I5 (liter)
1	5	0	0
2	10	0	0
3	15	0	0,82
4	20	0,42	0,82
5	25	0,72	1,23
6	30	1,81	2,40
7	35	2,07	2,90
8	40	2,30	4,03
9	45	2,62	4,90
10	50	2,5	4,38
11	55	2,63	4,30
12	60	2,98	4,33
13	65	2,94	4,36
14	70	2,96	4,45
15	75	2,79	4,30
16	80	2,8	4,23
17	85	3,06	4,05
18	90	2,99	3,92
19	95	2,8	4,08
20	100	2,85	4,10
21	105	2,8	4,25
22	110	2,85	4,11
23	115	2,73	4,01
24	120	2,68	3,83
25	125	2,68	3,32
26	130	2,61	3,57
27	135	2,72	3,73
28	140	2,8	3,86
29	145	2,8	3,63
30	150		3,66
31	155		3,69
32	160		3,57
33	165		3,60
34	170		3,60
35	175		3,60
Jumlah		66,00	118,41
Rata-Rata		2,28	3,38



Gambar 4. Hubungan waktu dan volume infiltrasi pada *running test 1* tanpa vegetasi



Gambar 5. Hubungan waktu dan volume infiltrasi pada *running test 2* vegetasi mangrove



Gambar 6. Hubungan waktu dan volume infiltrasi pada *raming* rent 3 vegetasi bambu.

Makassar, Oktober 2020

Mengetahui,

Asisten Laboratorium



LAMPIRAN B: PERHITUNGAN DEBIT DAN LAJU LIMPASAN

A. Running Test 1 Tanpa Vegetasi

1. Debit Limpasan

Pada waktu ke-10 menit teramati 12 dengan nilai t selang waktu = 5 menit, nilai $V_{\text{TVg}} = 6,2$ liter (lampiran A1). Debit limpasan tersebut menggunakan persamaan (2)

$$Q_{\text{TVg}} = \frac{V_{\text{TVg}}}{t}$$

$$= \frac{6,2 \text{ liter}}{5 \text{ menit}}$$

$$Q_{\text{TVg}} = 1,24 \text{ liter/menit}$$

kemudian nilai Q_{TVg} g satuan liter/menit di konversi menjadi satuan m^3/detik

$$Q_{\text{TVg}} = 1,24 \frac{\text{liter}}{\text{menit}} \times \frac{0,001 \text{ m}^3}{10 \text{ detik}}$$

$$Q_{\text{TVg}} = 0,000124 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Tabel 1. Debit limpasan pada running test 1 tanpa vegetasi

No.	Waktu (menit)	Q_{TVg} (liter/menit)	Q_{TVg} (liter/menit)	Q_{TVg} (m^3/detik)	Q_{TVg} (m^3/detik)
1	5	0,00	0,00	0,0000000	0,0000000
2	10	1,24	3,00	0,0001207	0,0002500
3	15	3,96	5,20	0,0003950	0,0008667
4	20	1,90	3,10	0,0001917	0,0005167
5	25	3,80	5,00	0,0003833	0,0008333
6	30	4,00	4,40	0,0004000	0,0007733
7	35	4,20	5,12	0,0004200	0,0008533
8	40	4,24	4,16	0,0004207	0,0006933
9	45	4,20	4,80	0,0004200	0,0008000
10	50	4,20	5,10	0,0004200	0,0008500
11	55	2,90	4,80	0,0002917	0,0008000
12	60	3,30	5,00	0,0003300	0,0008333
13	65	4,00	5,10	0,0004000	0,0008500
14	70	4,20	5,10	0,0004200	0,0008500

Tabel 2. Laju limpasan pada *rainfall test* I tanpa vegetasi (tabel lanjutan)

No.	Waktu (menit)	Laju Limpasan I2 (mm/jam)	Laju Limpasan I5 (mm/jam)
29	145	215,00	258,00
30	150	214,00	258,00
31	155	212,00	255,00
32	160	213,00	255,00
33	165	213,00	257,00
34	170	213,00	257,00
35	175	0,00	258,00
36	180	0,00	260,00
37	185	0,00	260,00

- Lampiran Bab IV hal 32

Contoh perhitungan koefisien limpasan C_{Tvg} pada $t = 600$ detik dengan $I = 287,631$ mm/jam, nilai I limpasan diuraikan pada lampiran-B.

$$C = \frac{\text{Laju Limpasan (mm/jam)}}{\text{Intensitas Hujan (mm/jam)}}$$

$$C = \frac{62,00}{287,631} = 0,216$$

- Lampiran Bab IV hal 33

Contoh perhitungan debit limpasan Q_{eTvg} pada $t = 600$ detik.

$$Q = C \times I \times A$$

$$Q_{eTvg} = C_{Tvg} \times I2 \times A$$

$$Q_{eTvg} = 0,216 \times 0,00080 \times 1,2$$

$$Q_{eTvg} = 0,0002067 \text{ m}^3/\text{detik}$$

B. Running Test 2 Vegetasi Mangga

1. Debit Limpasan

Pada waktu ke-10 menit intensitas I2 dengan nilai t selang waktu = 5 menit, nilai $V_c V_{mg} = 6$ liter (lampiran A) debit dihitung dengan menggunakan persamaan (2)

$$Q_c V_{mg} = \frac{V_c V_{mg}}{t}$$

$$\frac{6 \text{ liter}}{5 \text{ menit}}$$

$$Q_c V_{mg} = 1,20 \text{ liter/menit}$$

kemudian nilai $Q_c V_{mg}$ satuan liter/menit dikonversi menjadi satuan m³/detik

$$Q_c V_{mg} = 1,20 \frac{\text{liter}}{\text{menit}} = \frac{0,001 \text{ m}^3}{60 \text{ detik}}$$

$$Q_c V_{mg} = 0,0000200 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Tabel 3. Debit limpasan pada running test 2 vegetasi mangga

No.	Waktu (menit)	$Q_c V_{mg}$ (liter/menit)	$Q_c V_{mg}$ (liter/menit)	$Q_c V_{mg}$ (m ³ /detik)	$Q_c V_{mg}$ (m ³ /detik)
1	5	0,00	0,00	0	0
2	10	1,20	1,28	0,0000200	0,0000213
3	15	2,76	2,82	0,0000460	0,0000470
4	20	3,24	3,90	0,0000540	0,0000650
5	25	3,48	4,06	0,0000580	0,0000677
6	30	3,56	3,60	0,0000593	0,0000600
7	35	3,50	4,20	0,0000583	0,0000700
8	40	3,56	3,98	0,0000593	0,0000663
9	45	3,36	4,18	0,0000560	0,0000607
10	50	3,50	4,26	0,0000583	0,0000710
11	55	3,60	4,28	0,0000600	0,0000713
12	60	3,60	3,72	0,0000600	0,0000620
13	65	3,50	4,16	0,0000583	0,0000693
14	70	3,54	4,10	0,0000590	0,0000683
15	75	3,60	4,14	0,0000600	0,0000690
16	80	3,40	3,82	0,0000583	0,0000637
17	85	3,36	4,10	0,0000560	0,0000683
18	90	3,30	4,18	0,0000550	0,0000697

Tabel 3. Debit limpasan pada runtuang test 2 vegetasi mangga (tabel lanjutan)

No.	Waktu (menit)	$Q_{42}Vmg$ (liter/menit)	$Q_{42}Vmg$ (liter/menit)	$Q_{42}Vmg$ (m ³ /detik)	$Q_{42}Vmg$ (m ³ /detik)
19	95	3,30	4,20	0,0000550	0,0000700
20	100	3,30	4,20	0,0000533	0,0000700
21	105	3,34	4,06	0,0000557	0,0000672
22	110	3,50	4,24	0,0000583	0,0000707
23	115	3,54	4,20	0,0000590	0,0000700
24	120	3,46	4,20	0,0000577	0,0000700
25	125	3,34	4,14	0,0000557	0,0000690
26	130	3,44	4,20	0,0000573	0,0000710
27	135	3,50	4,24	0,0000583	0,0000707
28	140	3,48	4,24	0,0000580	0,0000707
29	145	3,44	4,14	0,0000567	0,0000707
30	150	3,40	4,28	0,0000567	0,0000713
31	155	3,44	4,10	0,0000573	0,0000722
32	160	3,44	4,20	0,0000573	0,0000700
33	165	3,46	4,24	0,0000567	0,0000707
34	170	3,40	4,24	0,0000567	0,0000707
35	175	3,40	4,10	0,0000567	0,0000717
36	180	0,50	1,50	0	0,0000717
37	185	0,50	4,50	0	0,0000717
Jumlah		114,14	145,16	0,0019025	0,0024193
Rata-rata		3,26	3,92	0,0000514	0,0000654

- Lampiran Baki 19 Jul 24

contoh perhitungan debit limpasan $Q_{42}Vmg$ pada $t = 600 \text{ s} = 10 \text{ min}$

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q_{42}Vmg = \frac{0,006 \text{ m}^3}{600 \text{ detik}}$$

$$Q_{42}Vmg = 0,0000100 \text{ m}^3/\text{detik}$$

2. Laju Limpasan

Laju limpasan dihitung dengan menggunakan persamaan (5) Pada intensitas I2

$$t = 5 \text{ menit} = 0,083 \text{ jam}$$

$$V = 6 \text{ liter} = 6000000 \text{ mm}^3$$

$$A = 1,2 \text{ m}^2 = 1200000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Laju Limpasan} = \frac{V (\text{mm}^3)}{A (\text{mm}^2) \times t (\text{jam})}$$

$$\text{Laju Limpasan} = \frac{4000000 \text{ mm}^3}{1200000 \text{ mm}^2 \times 0,003 \text{ jam}} = 100,00 \text{ mm/jam}$$

Tabel 4. Laju limpasan pada esunging Area 2 sepetani mahilaja

No.	Waktu (menit)	Laju Limpasan 12 (mm/jam)	Laju Limpasan 15 (mm/jam)
1	5	0,00	0,00
2	10	60,00	64,00
3	15	108,00	141,00
4	20	162,00	105,00
5	25	174,00	203,00
6	30	178,00	180,00
7	35	175,00	210,00
8	40	176,00	199,00
9	45	168,00	209,00
10	50	175,00	213,00
11	55	180,00	218,00
12	60	180,00	186,00
13	65	175,00	208,00
14	70	177,00	205,00
15	75	180,00	207,00
16	80	175,00	191,00
17	85	168,00	205,00
18	90	165,00	209,00
19	95	165,00	210,00
20	100	160,00	210,00
21	105	167,00	203,00
22	110	175,00	212,00
23	115	177,00	210,00
24	120	173,00	210,00
25	125	167,00	207,00
26	130	172,00	213,00
27	135	175,00	212,00
28	140	174,00	212,00
29	145	170,00	212,00

Tabel 4: Laju limpasan pada *running test* 2 vegetasi mangga (tabel lanjutan)

No.	Waktu	Laju Limpasan I2	Laju Limpasan I5
	(menit)	(mm/jam)	(mm/jam)
30	150	170,00	214,00
31	155	172,00	215,00
32	160	172,00	210,00
33	165	170,00	212,00
34	170	170,00	212,00
35	175	170,00	215,00
36	180	0,00	215,00
37	185	0,25	215,00

- Lampiran Baf. IV hal. 39

Contoh perhitungan koefisien limpasan C_2Vmg pada $t = 60$ detik, dengan $q = 287,631$ mm/jam, nilai laju limpasan diuraikan pada lampiran D

$$C_2Vmg = \frac{\text{Laju Limpasan (mm/jam)}}{\text{intensitas hujan (mm/jam)}} = \frac{60,00}{207,631} = 0,289$$

- Lampiran Baf. IV hal. 41

Contoh perhitungan debit limpasan Q_2Vmg pada $t = 600$ detik

$$Q = C \times I \times A$$

$$Q_2Vmg = C_2Vmg \times I2 \times A$$

$$Q_2Vmg = 0,289 \times 0,00080 \times 1,2$$

$$Q_2Vmg = 0,0002000 \text{ m}^3/\text{detik}$$

C. *Running Test* 3 Vegetasi Bambu

1. Debit Limpasan

Pada waktu ke-10 menit intensitas I2 dengan nilai t selang waktu = 5 menit, nilai $V_2Vbm = 6,5$ liter (lampiran A), debit dihitung dengan menggunakan persamaan (2).

$$Q_{c2}V_{bm} = \frac{V_c V_{bm}}{t}$$

$$= \frac{6,5 \text{ liter}}{5 \text{ menit}}$$

$$Q_{c2}V_{bm} = 1,30 \text{ liter/menit}$$

kemudian nilai $Q_{c2}V_{bm}$ satuan liter/menit dikonversi menjadi satuan $m^3/detik$

$$Q_{c2}V_{bm} = 1,30 \frac{\text{liter}}{\text{menit}} \times \frac{0,001 m^3}{1000 \text{ detak}}$$

$$Q_{c2}V_{bm} = 0,0000013 m^3/detik$$

Tabel 5. Tahan lumpur pada tanaman jenis 2 vegetasi banyu

No.	Waktu (menit)	$Q_{c2}V_{bm}$ (liter/menit)	$Q_{c2}V_{bm}$ (liter/menit)	$Q_{c2}V_{bm}$ ($m^3/detik$)	$Q_{c2}V_{bm}$ ($m^3/detik$)
1	5	1,30	0,00	0	0
2	10	1,30	1,46	0,00005212	0,0000521
3	15	1,30	4,16	0,0000571	0,0000593
4	20	1,30	3,48	0,0000567	0,0000580
5	25	1,30	4,04	0,0000593	0,0000673
6	30	1,30	3,98	0,0000593	0,0000663
7	35	1,30	4,02	0,0000583	0,0000670
8	40	1,30	4,08	0,0000457	0,0000680
9	45	1,42	3,52	0,0000575	0,0000587
10	50	1,40	4,00	0,000067	0,0000667
11	55	1,30	4,10	0,0000583	0,0000683
12	60	1,30	4,10	0,0000583	0,0000683
13	65	1,42	4,08	0,0000570	0,0000680
14	70	1,40	4,12	0,0000567	0,0000687
15	75	1,56	4,18	0,0000593	0,0000697
16	80	1,58	4,14	0,0000597	0,0000690
17	85	1,46	4,12	0,0000577	0,0000687
18	90	1,46	4,22	0,0000577	0,0000703
19	95	1,54	4,10	0,0000590	0,0000683
20	100	1,58	4,12	0,0000597	0,0000687
21	105	1,50	4,08	0,0000583	0,0000680
22	110	1,50	4,20	0,0000583	0,0000700
23	115	1,56	4,24	0,0000593	0,0000707
24	120	1,56	4,24	0,0000593	0,0000707
25	125	1,58	4,32	0,0000597	0,0000720

Tabel 5. Debit limpasan pada *running test* 3 vegetasi bambu (tabel lanjutan)

No.	Waktu (menit)	$Q_{22}V_{bm}$ (liter/menit)	$Q_{22}V_{bm}$ (liter/menit)	$Q_{22}V_{bm}$ (m ³ /detik)	$Q_{22}V_{bm}$ (m ³ /detik)
26	130	3,54	4,30	0,0000590	0,0000717
27	135	3,58	4,24	0,0000597	0,0000707
28	140	3,60	4,20	0,0000600	0,0000700
29	145	3,64	4,37	0,0000607	0,0000720
30	150	3,64	4,28	0,0000607	0,0000713
31	155	3,56	4,22	0,0000593	0,0000703
32	160	3,50	4,30	0,0000590	0,0000717
33	165	3,50	4,21	0,0000572	0,0000723
34	170	0,00	4,34	0,0000000	0,0000723
35	175	0,00	4,34	0,0000000	0,0000723
Jumlah		109,88	131,88	0,0018343	0,0022097
Rata-rata		3,43	3,94	0,0005523	0,000687

- Lampiran Bab IV hal. 46

contoh perhitungan debit limpasan $Q_{22}V_{bm}$ pada $t = 600$ detik

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q_{22}V_{bm} = \frac{0,0065 \text{ m}^3}{600 \text{ detik}}$$

$$Q_{22}V_{bm} = 0,0000217 \text{ m}^3/\text{detik}$$

2. Laju Limpasan

Laju limpasan dihitung dengan menggunakan persamaan (5). Pada intensitas 12:

$$t = 5 \text{ menit} = 0,083 \text{ jam}$$

$$V = 6,5 \text{ liter} = 6500000 \text{ mm}^3$$

$$A = 1,2 \text{ m}^2 = 1200000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Laju Limpasan} = \frac{V \text{ (mm}^3\text{)}}{A \text{ (mm}^2\text{)} \times t \text{ (jam)}}$$

$$\text{Laju Limpasan} = \frac{6500000 \text{ mm}^3}{1200000 \text{ mm}^2 \times 0,083 \text{ jam}} = 65,00 \text{ mm/jam}$$

Tabel 6. Laju limpasan pada *runoff test* 3 vegetasi bambu

No.	Waktu (menit)	Laju Limpasan I2 (mm/jam)	Laju Limpasan I5 (mm/jam)
1	5	0,00	0,00
2	10	65,00	73,00
3	15	171,00	208,00
4	20	170,00	174,00
5	25	178,00	202,00
6	30	178,00	199,00
7	35	175,00	200,00
8	40	186,00	204,00
9	45	172,00	176,00
10	50	170,00	200,00
11	55	175,00	205,00
12	60	175,00	208,00
13	65	171,00	204,00
14	70	170,00	200,00
15	75	178,00	207,00
16	80	199,00	207,00
17	85	175,00	206,00
18	90	175,00	211,00
19	95	172,00	208,00
20	100	179,00	206,00
21	105	175,00	204,00
22	110	175,00	210,00
23	115	178,00	212,00
24	120	178,00	212,00
25	125	179,00	216,00
26	130	177,00	215,00
27	135	179,00	212,00
28	140	180,00	210,00
29	145	182,00	216,00
30	150	182,00	214,00
31	155	178,00	211,00
32	160	178,00	215,00
33	165	178,00	217,00
34	170	0,00	217,00
35	175	0,00	217,00

- Lampiran Bab IV hal. 48

Contoh perhitungan koefisien limpasan $C_p V_{hm}$ pada $t = 600$ detik dengan $I_c = 287,631$ mm/jam, nilai laju limpasan diuraikan pada lampiran B.

$$C = \frac{\text{Laju Limpasan (mm/jam)}}{\text{Intensitas Hujan (mm /jam)}}$$

$$C = \frac{65,00}{287,631} = 0,226$$

- Lampiran Bab IV hal. 49

Contoh perhitungan debit limpasan $Q_{p2} V_{hm}$ pada $t = 600$ detik.

$$Q = C \times I \times A$$

$$Q_{p2} V_{hm} = C_p V_{hm} \times I_c \times A$$

$$Q_{p2} V_{hm} = 0,226 \times 0,00080 \times 1,2$$

$$Q_{p2} V_{hm} = 0,0002167 \text{ m}^3/\text{detik}$$

LAMPIRAN C: PERHITUNGAN INTENSITAS CURAH HUJAN

A. Perhitungan Curah Hujan Maksimum Harian Rata-Rata

Perhitungan curah hujan maksimum harian rata-rata menggunakan metode rata-rata Aljabar. Sampel perhitungan tahun 1997 dengan data curah hujan maksimum harian maksimum harian stasiun Tomalili, Tempel, dan Hattabesi dengan data berturut-turut:

$$\bar{x} = \frac{1}{3} (133 + 90 + 123)$$

$$\bar{x} = 111.33$$

Adapun rekapitulasi hasil perhitungan curah hujan maksimum harian rata-rata dengan metode aljabar disajikan dalam tabel di bawah ini:

Tabel 1. Rekapitulasi hasil perhitungan curah hujan maksimum harian rata-rata

No.	Tahun	Hujan Maks Harian Rata-rata	No.	Tahun	Hujan Maks Harian Rata-rata
1	1997	114.33	11	2006	162.67
2	1998	177.00	12	2007	147.67
3	1999	220.00	13	2008	111.33
4	2000	165.00	14	2009	175.00
5	2001	247.00	15	2010	147.33
6	2002	158.00	16	2011	197.00
7	2003	150.33	17	2012	170.33
8	2004	129.33	18	2013	147.00
9	2005	167.67	19	2014	141.67
10	2006	208.33	20	2015	157.33
11	2007	151.00	21	2016	132.50
			22	2017	

Sumber: Hasil Perhitungan

B. Analisa Frekuensi

Analisa frekuensi dilakukan secara bertahap, diawali dengan pengukuran dispersi, baik untuk dispersi normal maupun dispersi logaritmik untuk menghitung parameter-parameter statistiknya. Parameter statistik tersebut antara lain koefisien kepencengan (C_s), Koefisien kurtosis (C_k), dan koefisien variansi (C_v). Kemudian dapat disimpulkan jenis distribusi apa yang dapat digunakan. Langkah-langkah yang dapat dilakukan untuk melakukan analisa frekuensi dan dijabarkan dalam uraian sebagai berikut.

1. Parameter Statistik

Untuk menghitung parameter statistik, dibutuhkan data hasil pengamatan dispersi yaitu nilai rata-rata dan standar deviasi yang dihitung dengan menggunakan persamaan (2) dan (3). Koefisien variansi (C_v), Koefisien kepencengan (C_s), Koefisien kurtosis (C_k), dan dihitung dengan menggunakan persamaan hasil perhitungan diuraikan pada tabel 2.

Tabel 2. Pengukuran dispersi

No	Tahun	X_i	X_r	$X_i - X_r$	$(X_i - X_r)^2$	$(X_i - X_r)^3$	$(X_i - X_r)^4$
1	1997	247	163	84	7056	592704	49787136
2	1998	220	163	57	3249	185193	10556001
3	1999	208	163	45	2025	91125	4100625
4	2000	197	163	34	1156	39304	1336136
5	2001	187	163	24	576	13904	331776
6	2002	175	163	12	144	1728	20736
7	2003	170	163	7	49	343	2401
8	2004	169	163	6	36	216	1296
9	2005	168	163	5	25	125	625
10	2006	168	163	5	25	125	625
11	2007	162	163	0	0	0	0
12	2008	157	163	-6	36	-216	1296
13	2009	151	163	-12	144	-1728	20736
14	2010	150	163	-13	169	-2197	28561
15	2011	146	163	-17	289	-4913	83521
16	2012	143	163	-20	400	-8000	160000
17	2013	153	163	-10	100	-1000	10000
18	2014	133	163	-30	900	-27000	810000
19	2015	125	163	-38	1444	-55704	2130736
20	2016	122	163	-41	1681	-68921	285761
21	2017	114	163	-49	2401	-117649	5764801
22	2018	111	163	-52	2704	-140608	711816
Σ		3577			24127	511593	64512825

Sumber: Hasil Perhitungan

Nilai rata-rata (X_r)

$$X_r = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{3577}{22}$$

$$= 163 \text{ mm}$$

Standar Deviasi (S) :

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

$$= \sqrt{\frac{24413}{22-1}}$$

$$= 34$$

Koefisien Skewness (Cs)

$$Cs = \frac{n \sum (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3}$$

$$\frac{22 \times 511593}{(22-1)(22-2)34^3}$$

$$= \frac{11255046}{16507680}$$

$$= 0,681$$

Koefisien Kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{n^2 \sum (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4}$$

$$\frac{22^2 \times 84512825}{(22-1)(22-2)(22-3)34^4}$$

$$= \frac{40904207500}{10663961280}$$

$$= 3,837$$

Koefisien Variasi (Cv):

$$\begin{aligned}Cv &= \frac{Sd}{\bar{Xr}} \\&= \frac{163}{34} \\&= 0.209\end{aligned}$$

Untuk analisa frekuensi dengan koefisien yang dilakukan perhitungan parameter statistik dengan langkah-langkah seperti di atas. Perhitungan dispersi lognormal yaitu nilai rata-rata dan standar deviasi kependudukan (Cv), koefisien kurtosis (Ck) dan koefisien variansi (Cv) dihitung dengan menggunakan persamaan. Hasil perhitungan diuraikan pada tabel 9.

Nilai rata-rata ($\log \bar{Xr}$)

$$\log \bar{Xr} = \frac{\sum \log Xi}{n} = \frac{40.450}{22} = 2.061$$

Standar deviasi (Sd)

$$Sd = \frac{\sqrt{\sum (\log Xi - \log \bar{Xr})^2}}{n-1}$$

$$= \frac{\sqrt{0.16639}}{22-1}$$

$$= 0.089$$

Koefisien Skewness (C_s)

$$C_s = \frac{n \sum (\log X_i - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)sd^3}$$

$$= \frac{22 \times 0.00249}{(22-1)(22-2)0.009^3}$$

$$= \frac{0.05481}{0.2960}$$

$$= 0.185$$

Koefisien Kurtosis (C_k)

$$C_k = \frac{n^2 \sum (\log X_i - \log \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)}$$

$$= \frac{22^2 \times 0.003330766}{(22-1)(22-2)(0.009)^4}$$

$$= \frac{1.612091}{0.500683}$$

$$= 3.219$$

Koefisien Variasi (C_v) :

$$C_v = \frac{sd}{\log \bar{X}}$$

$$= \frac{0.089}{2.202} = 0.040$$

Tabel 3. Pengukuran dispersi dengan logaritma

No	Tahun	N	$\log N$	$\log R$	$\log R/N$	$(\log R - \log N)^2$	$(\log R - \bar{R})^2$	$(\log R - \bar{R})^2$
1	1997	247	2.39367	2.392293	0.1993744	0.0397501	0.0060256	0.00131457
2	1998	230	2.361477	2.362792	0.1403157	0.0196847	0.00751267	0.00039517
3	1999	208	2.318013	2.302293	0.1157206	0.0133811	0.00551794	0.00017956
4	2000	197	2.294462	2.302293	0.0078317	0.0006159	0.0000293	0.00000005
5	2001	182	2.270404	2.272293	0.0018897	0.0000046	0.0000000	0.00000000
6	2002	175	2.24348	2.272293	0.028813	0.0008303	0.0000000	0.00000000
7	2003	179	2.252485	2.302293	0.050808	0.0025815	0.0000000	0.00000000
8	2004	169	2.229466	2.302293	0.072827	0.0053037	0.0000000	0.00000000
9	2005	168	2.226489	2.302293	0.075804	0.0057062	0.0000000	0.00000000
10	2006	168	2.226489	2.302293	0.075804	0.0057062	0.0000000	0.00000000
11	2007	163	2.21380	2.302293	0.088493	0.0078095	0.0000000	0.00000000
12	2008	152	2.181889	2.302293	0.120404	0.0145065	0.0000000	0.00000000
13	2009	151	2.179019	2.302293	0.123274	0.0151968	0.0000000	0.00000000
14	2010	150	2.176091	2.302293	0.126202	0.0161287	0.0000000	0.00000000
15	2011	148	2.170517	2.302293	0.131776	0.0175641	0.0000000	0.00000000
16	2012	142	2.152177	2.302293	0.150116	0.0225353	0.0000000	0.00000000
17	2013	143	2.15536	2.302293	0.146933	0.0215844	0.0000000	0.00000000
18	2014	133	2.123859	2.302293	0.178434	0.0319581	0.0000000	0.00000000
19	2015	129	2.110587	2.302293	0.191706	0.0367546	0.0000000	0.00000000
20	2016	122	2.086418	2.302293	0.215875	0.0465061	0.0000000	0.00000000
21	2017	114	2.056449	2.302293	0.245844	0.0603529	0.0000000	0.00000000
22	2018	111	2.045323	2.302293	0.25697	0.0660216	0.0000000	0.00000000
23		1071	4.450581			0.0629671	0.0000000	0.00000000

Sumber: Hasil Perhitungan

2. Menentukan Jenis Distribusi

Untuk menentukan jenis distribusi, acuan yang digunakan standar uji parameter statistik yang dikemukakan di table, nilai koefisien kepencengan (C_s), koefisien kurtosis (C_k) dan koefisien variansi (C_v) masing-masing jenis distribusi

dicocokkan dengan hasil perhitungan sehingga didapatkan hasil jenis distribusi mana yang sesuai. Hasil uji parameter statistik diperlihatkan pada table berikut.

Dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa jenis distribusi yang dapat digunakan adalah distribusi metode log person type III.

Tabel 4. Uji parameter statistik

Jenis distribusi/sebaran	Syarat	Hasil perhitungan	Ketercapaian
Normal	$C_v = 0$	0,185	Tidak
	$C_k = 3$	3,219	memenuhi
Gumbel	$C_v = 1,96$	0,185	Tidak
	$C_k = 3,499$	3,219	memenuhi
Log normal	$C_v + C_v^2 = 3 C_v$		
	$C_k + C_v^3 = 6 C_v$	0,185	Tidak
	$C_v^3 + 15 C_v^2 = 3,225$		memenuhi
	$16 C_v = 1$		
Log person III	Neluri	$C_v = 0,185$	
	nilai-nilai diatas	$C_k = 3,219$	memenuhi

Sumber: Hasil Perhitungan

C. Analisa Jenis Distribusi

Berdasarkan hasil uji parameter statistik, jenis distribusi yang dapat digunakan yaitu log person type III. Metode perhitungan log person type III digunakan dengan menganalisa curah hujan rencana.

Perhitungan curah hujan rencana dihitung dengan menggunakan persamaan berikut, dengan konstanta log person type III (G) yang ditentukan berdasarkan nilai koefisien kepengcengan (Cs). Dari perhitungan didapat nilai $C_s = 0,185$. Perhitungan nilai konstanta G berdasarkan nilai C_s tersebut dilakukan dengan cara interpolasi. Hasil perhitungan nilai konstanta G disajikan pada table berikut.

Tabel 5. Nilai G untuk $C_s = 0,185$

Cs	Periode ulang (tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
0,2	2,092	0,830	1,301	1,618	2,151	2,472	2,768	3,230
0,185	2,092	0,830	1,300	1,617	2,150	2,471	2,767	3,229
0,1	2,007	0,830	1,297	1,615	2,147	2,469	2,765	3,225

Berikut ini adalah contoh prosedur perhitungan curah hujan rencana dengan periode ulang 2 dengan menggunakan rumus Log person

$$\log X = \log X + G + S$$

$$= 2,2022 + (-0,032) + 0,089$$

$$= 2,1994$$

$$X = 158,28917$$

Hasil perhitungan curah hujan rencana dengan metode Log person III untuk periode ulang 2 dan 5 : Ditunjukkan pada table berikut.

Tabel 6. Hasil perhitungan nilai X untuk setiap kala ulang (T) tahun

T	Log X_T	G	Sd	Log X_T	X_T
2	2,2022992	-0,032	0,089	2,1994512	158,28917
5	2,2022992	0,830	0,089	2,2761692	188,873

Sumber: Hasil Perhitungan

D. Analisa Intensitas Curah Hujan

Analisa intensitas curah hujan menggunakan rumus Mononobe karena data curah hujan yang didapatkan adalah data curah hujan harian. Rumus Mononobe diturunkan pada persamaan dengan data curah hujan selama periode ulang dua, lima tahun yang didapatkan dari perhitungan berturut-turut 287.631 mm/jam, 343.204 mm/jam.

Contoh perhitungan untuk 5 menit dapat dilihat pada tabel berikut.

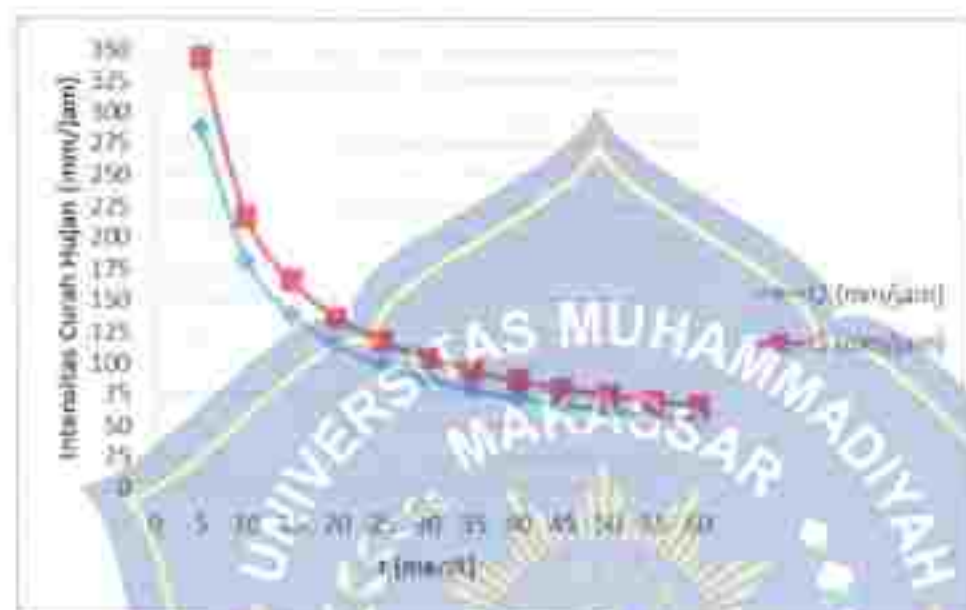
$$I_2 = \frac{158289}{24} \left(\frac{24}{5} \right)^{0.21} = 287.631 \text{ mm/jam}$$

$$I_5 = \frac{158289}{24} \left(\frac{24}{15} \right)^{0.21} = 343.204 \text{ mm/jam}$$

Tabel 7. Rekapitulasi hasil perhitungan intensitas curah hujan metode Mononobe

No	waktu (menit)	T	
		2	5
1	5	287.631553	343.204808
2	10	182.1693734	216.2032769
3	15	138.228326	164.9757588
4	20	114.1462436	136.2067910
5	25	98.30825254	117.3742841
6	30	87.10988875	103.9406573
7	35	78.60248312	93.7895098
8	40	71.90762883	85.80112219
9	45	66.47726688	79.12156723
10	50	61.96811601	73.94116564
11	55	58.15511925	69.38908636
12	60	54.87579124	65.47831107

Sumber: Hasil perhitungan



Gambar 1. Hasil pengamatan waktu dan intensitas curah hujan.

- Lampiran Tab.15 Tab. 18

Contoh perhitungan intensitas curah hujan kumulasi pada 1-5 menit, menggunakan curah hujan I_1 (287,63 mm/jam) dan I_2 (343,20).

$$I_2 = 2,04 + \left(\frac{9,6 - 2,04}{480 - 102} \right) \times (287,63 - 102)$$

$$I_2 = 5,753 \text{ liter/menit}$$

$$I_3 = 2,04 + \left(\frac{9,6 - 2,04}{480 - 102} \right) \times (343,20 - 102)$$

$$I_3 = 6,864 \text{ liter/menit}$$

LAMPIRAN D: KLASIFIKASI TANAH

Dari hasil pengamatan sampel tanah pada laboratorium Teknik Pengairan Universitas Muhammadiyah Makassar, didapatkan hasil klasifikasi tanah AASHTO tipe A-2-6. Berikut ini ditunjukkan persamaan klasifikasi AASHTO untuk tipe A-2-6. Hasil pengujian di laboratorium diperoleh data batas plastis (PL) = 29,47%, batas cair (LL) = 40(10%)

Klasifikasi Umum	Material Berbutir Kasar (35% atau kurang lolos saringan No. 200)							Material Lurus-Lempung (lebih dari 25% lolos saringan No. 200)			
Klasifikasi Grup	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7.5 A-7.6
	A-1.1 A-1.2	A-1.3		A-2.1 A-2.2	A-2.3 A-2.4	A-2.5					
Analisa Tapas, peres 100											
No. 10	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
No. 40	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
No. 200	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Karakteristik fraksi lolos saringan No. 40											
Batas Cair				40	41	42	43	44	45	46	47
Batas Plastisitas	0 max	0-7	0-10	10	11	12	13	14	15	16	17
Jenis Material Poluk	Fraksi halus, lebih dari 50%	Fraksi halus	Kerikil dan Pasir < 60% atau lebih					Tanah liat		Tanah lempung	
Tingkat Kemampatan sebagai Subgrade	Sangat baik hingga baik							Cukup baik hingga buruk			

Indeks Plastisitas untuk nilai grup A-7.5 sama dengan nilai kurang dari batas cair dikurangi 20. Indeks Plastisitas untuk nilai grup A-7.6 lebih besar dari batas cair dikurangi 20.

Sumber: Hary Christady Harydarmas, 2012

Dalam sistem ini, tanah diklasifikasikan ke dalam ke dalam 7 (tujuh) kelompok besar, yaitu A-1 sampai dengan A-7.

Klasifikasi sistem ini didasarkan atas kriteria-kriteria sebagai berikut:

1. Ukuran Butir

Butiran, melalui ayakan No. 200 sebesar 4,8%, sehingga termasuk dalam material granuler ($<35\%$ lolos saringan no. 200).

2. Plastisitas

Belempung, jika butiran tanah mempunyai indeks plastisitas <10 . Hasil indeks plasitas dalam penelitian ini di dapat dari batas cair (LL) = 40,16%, batas plastis (PL) = 29,47%, sehingga indeks plastisnya, $IP = 40,16\% - 29,47\% = 10,69\%$.

Setelah didapatkan nilai-nilai diatas, maka data hasil ini dicocokkan dengan angka-angka yang diberikan dalam tabel klasifikasi AASHTO dan kolom sebelah kiri ke kolom sebelah kanan hingga ditemukan angka-angka yang sesuai.

Pada tabel berikut disajikan tentang hasil pemeriksaan karakteristik tanah.

Tabel 1. Hasil percobaan karakteristik tanah tanpa variasi vegetasi

No.	Uraian	Satuan	Nilai	Keterangan
A.	Kadar Air	%	33,68	-
B.	Batas-batas Atterberg			-
1.	Batas Cair (Liquid Limit, LL)	%	29,47	
2.	Batas Plastis (Plastic Limit, PL)	%	10,69	
3.	Indeks Plastisitas	%	12,43	
4.	Batas Susut (Shrinkage Limit, SL)	%		
C.	Distribusi Butiran			
1.	Metode AASHTO			
a)	Fraksi kasar	%	65,20	grup
b)	Fraksi halus	%	4,80	Klasifikasi
2.	Metode Unified			A-2
a)	Fraksi kasar	%	65,20	
b)	Fraksi halus	%	4,80	Kelompok
D.	Berat Jenis (Specific Gravity, GS)			SP
E.	Kompaksi			Lelempung
1.	Berat isi Kering Optimum	gr/cm ³	2,27	Akronik
2.	Kadar Air Optimum	%	47,90	
F.	Koefisien Pemampatan Standar			
1.	Tanpa dipadatkan		1,178020	
2.	Setelah dipadatkan		4,0319	
G.	Kepadatan (Sandcone Test)		63,65	

Sumber: Hasil Pengamatan Laboratorium

Tabel 2. Klasifikasi tanah tanpa vegetasi

Sampel	Sistem Klasifikasi AASHTO	Sistem klasifikasi Unified
1	Termasuk dalam group Klasifikasi A-2-6. Tipe material secara umum adalah kerikil, berbatu atau berlempung dan pasir, dengan kondisi sebagai tanah dasar baik sampai dengan sangat baik	a. Tanah berbutir kasar b. 4,8% lolos saringan no.200, dilakukan uji kurva distribusi butiran: $D_{10} = 0,08932$ $D_{30} = 0,2283$ $D_{60} = 0,125$ $C_u = 7,458$ $C_c = 0,9642$ c. Berganda (rank) d. Simbol Kelompok: SP, pasir medium beruk pasir berkilas, atau tidak mengandung butiran halus.

Sumber : Hasil Pengamatan Laboratorium

Dari hasil pengujian sampel tanah untuk sampel vegetasi makassar, pada laboratorium Teknik Program Universitas Muhammadiyah Makassar, didapatkan hasil klasifikasi tanah AASHTO tipe A-2-6. Berikut ini diberikan penentuan klasifikasi AASHTO untuk tipe A-2-6. Hasil pengujian di Laboratorium diperoleh data batas plastis (PI) 52,33%, batas cair (LL) = 37,39%.

Dalam sistem ini, tanah diklasifikasikan ke dalam ke dalam 7 (tujuh) kelompok besar, yaitu A-1 sampai dengan A-7.

Klasifikasi sistem ini didasarkan atas kriteria-kriteria sebagai berikut

2. Ukuran Butir

Butiran melalui ayakan No. 200 sebesar 5,8%, sehingga termasuk dalam material granuler (<35% lolos saringan no. 200).

4. Plastisitas

Berlanau, jika butiran tanah mempunyai indeks plastisitas >10 . Hasil indeks plastisitas dalam penelitian ini di dapat dari batas cair (L.L) = 37,39%, batas plastis (PL) = 23,33%, sehingga indeks plastisnya $PL = 37,39\% - 23,33\% = 14,06\%$.

Pada tabel berikut diujikan tentang hasil pemeriboran karakteristik tanah.

Tabel 3. Hasil pemeriksaan kandi terak tanah variasi humus merah

No.	Urutan	Satuan	Nilai	Keterangan
A.	Kadar Air	%	31,05	
B.	Batas-batas Atterberg			
	1. Batas Cair (Liquid Limit, L.L)	%	37,39	
	2. Batas Plastis (Plastic Limit, PL)	%	23,33	
	3. Indeks Plastisitas	%	14,06	
	4. Batas Shrinkage (Shrinkage Limit, SL)	%		
C.	Distribusi Butiran			
	1. Metode VASCO			
	a) Fraksi kasar	%	54,20	Kelompok A
	b) Fraksi halus	%	3,90	Kelompok B
	2. Metode Unified			
	a) Fraksi kasar	%	54,20	Kelompok SP
	b) Fraksi halus	%	3,90	Kelompok A
D.	Berat Jenis (Specific Gravity, GS)		2,712	
E.	Kompaksi			
	1. Berat Isi Kering Optimum	gr/cm ³	2,27	Kerakal berlanau
	2. Kadar Air Optimum		43,90	
F.	Koefisien Permeabilitas Standar	%		
	1. Tanpa dipadatkan		$2,684 \times 10^{-4}$	
	2. Setelah dipadatkan		$4,80 \times 10^{-4}$	
G.	Kepadatan (Sandcone Test)	%	63,85	

Sumber: Hasil Pengamatan Laboratorium

Tabel 4. Klasifikasi tanah variasi manga

Sampel	Sistem Klasifikasi AASHTO	Sistem klasifikasi Unified
1	Termasuk dalam group Klasifikasi A-2-6. Tipe material secara umum adalah kerikil berlanau atau berlempung dan pasir, dengan kondisi sebagai tanah dasar baik sampai dengan sangat baik.	c. Tanah berbutir kasar d. 5,0% lolos saringan no 200, dilakukan uji kurva distribusi butiran. $D_{10} = 0,07430$ $D_{30} = 0,3067$ $D_{60} = 0,119$ $CU = 5,1276$ $CC = 0,144$ e. Bergradasi Butir f. Sifat al. lebih dari 5%, pasir gradasi buruk, pasir kerikil sedikit atau tidak mengandung butiran halus.

Sumber : Hasil Pengamatan Laboratorium

Dari hasil pengamatan sampel tanah pada laboratorium Teknik Pengukuran Universitas Muhammadiyah Makassar, didapatkan hasil klasifikasi tanah AASHTO tipe A-2-6. Hal ini ditunjukkan penentuan klasifikasi AASHTO untuk tipe A-2-6. Hasil pengamatan di Laboratorium diperoleh data batas plastis (PL) = 28,61%, batas cair (LC) = 37,76%.

Klasifikasi sistem ini didasarkan atas kriteria-kriteria sebagai berikut:

5. Ukuran Butir

Butiran melalui ayakan No. 200 sebesar 8,3%, sehingga termasuk dalam material granuler (<35% lolos saringan no. 200)

6. Plastisitas

Berlempung, jika butiran tanah mempunyai indeks plastisitas <10. Hasil indeks plasitas dalam penelitian ini di dapat dari batas cair (LC) = 37,76%, batas plastis (PL) = 28,61%, sehingga indeks plastisnya, $PI = 37,76\% - 28,61\% = 9,15\%$.

Pada tabel berikut disajikan tentang hasil pemeriksaan karakteristik tanah.

Tabel 4 Hasil periksan karakteristik tanah untuk varietas tanaman bambu

No	Urutan	Satuan	Nilai	Keterangan
A.	Kadar Air	%	49,74	-
B.	Batas-batas Atterberg			
	1. Batas Cair (Liquid Limit, LL)	%	30,76	-
	2. Batas Plastis (Plastic Limit, PL)	%	23,61	
	3. Indeks Plastisitas	%	9,15	
	4. Batas Susut (Shrinkage Limit, SL)	%		Geop
	Quantum Butiran			Klasifikasi A-2-4
C.	1. Metode ASTM			
	a) Fraksi kasar	%	90,08	
	b) Fraksi halus	%	5,08	
	2. Metode Unified			Kelompok
	a) Fraksi kasar	%	90,08	
	b) Fraksi halus	%	5,08	SP
D.	Berat Jenis (Specific Gravity, G _s)	gram/cm ³		Kerangka berlanau
E.	Kompaksi			20% berlempung
	3. Berat Isi Kering Optimum		1,015	dan pasir
	4. Kadar Air Optimum	%	6,06	
F.	Koefisien Permeabilitas Standar			
	3. Tanpa dipadatkan		$1,33 \times 10^{-4}$	
	4. Setelah dipadatkan		$4,98 \times 10^{-4}$	
G.	Kepadatan (Sandcone Test)		63,85	

Sumber: Hasil Pengamatan Laboratorium

Tabel 6. Klasifikasi tanah variasi bambu

Sampel	Sistem Klasifikasi AASHTO	Sistem klasifikasi Unified
1	Termasuk dalam group Klasifikasi A-2-4 Tipe material secara umum adalah kerikil beraturan atau berlenggang dan pasir dengan kandungan lempung kasar baik sangat dengan sangat baik	e. Tanah berbutir kasar 4,8% lolos saringan no.200, dilakukan uji kurva distribusi butiran $D_{60} = 0,045$ $D_{30} = 0,250$ $D_{10} = 0,333$ $CU = 5,098$ $CC = 0,290$ e. Bergetidisi Buruk f. Simbol Kelompok adalah pasir beraturan, pasir kasar, kerikil, dan tidak mengandung butiran halus.

Sumber : Hasil Pengamatan Laboratorium

Dari hasil pengamatan Laboratorium Mekonika tanah, hasil yang telah di dapatkan kemudian dianalisis menggunakan Metode AASHTO dan di bawah ini adalah penggabungan hasil antara tanpa vegetasi, vegetasi mangga dan vegetasi bambu. Agar dapat memudahkan melihat perbandingan ketiganya

Tabel 7. Gabungan klasifikasi tanah

No	Uraian	Satuan	Nilai TVeg	Nilai Ving	Nilai Vbm
A.	Kadar Air	%	33,68	31,05	49,74
B.	Batas-batas Atterberg				
	5. Batas Cair (Liquid Limit, LL)	%	29,47	37,39	37,76
	6. Batas Plastis (Plastic Limit, PL)	%	19,69	23,33	28,61
		%	12,43	14,06	9,15
	7. Indeks Plastisitas	%			
	8. Batas Susut (Shrinkage Limit, SL)	%			
C.	Distribusi Butiran				
	1. Metode AASHTO	%	0 < 20	94,20	90,08
	a) Fraksi kasar	%	4,80	3,90	5,08
	b) Fraksi halus	%	95,20	94,20	90,08
	2. Metode Unified	%	4,80	3,90	5,08
	a) Fraksi kasar	%			
	b) Fraksi halus	%			
D.		g/cm ³	1,742	2,712	3,015
E.	Berat Jenis (Specific Gravity, G _s)	%			1,068
F.	Kompaksi				
	5. Berat Isi Kering Optimum		1,27	2,27	
	6. Kadar Air Optimum		47,90	43,50	
G.	Koefisien Permeabilitas Standar		1,178x10 ⁻⁴	2,68x10 ⁻⁴	
	5. Tanpa dipadatkan		10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	1,33x10 ⁻⁴
	6. Setelah dipadatkan		4,62x10 ⁻⁴	4,80x10 ⁻⁴	4,98x10 ⁻⁴
	Kepadatan (Sandcone Test)		10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	
			63,85	63,85	63,85

The logo of Universitas Muhammadiyah Makassar is a blue pentagon with a scalloped border. Inside the pentagon, the text "UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH" is written in white along the top arc, and "MAKASSAR" is written in white along the bottom arc. In the center of the pentagon is a yellow sunburst with many rays. Below the sunburst is a green laurel wreath. The word "DOKUMENTASI" is written in large, bold, black capital letters across the center of the logo.

DOKUMENTASI

Alat



Sekop



Karung



Silet/Cutter



Tali Rafia



Pengambilan sampel Tanah



Running pertama tanpa vegetasi



Running dengan menggunakan vegetasi bambu



Running dengan menggunakan vegetasi macapa



Pengambilan data limpasan permukaan