

SKRIPSI



ESTIMASI DEBIT PUNCAK BERDASARKAN PENENTUAN KOEFISIEN LIMPASAN DI SUB DAS PAMUKKULU KABUPATEN TAKALAR



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR	
LEMBAGA PERPUSTAKAAN & PENERBITAN	
Tgl. Terima	21 / 09 / 2021
Nama Surat	-
Jumlah Exp	1 exp.
Tempo	smb. Alumni
Number Indak	-
No. Submitansi	R/0051/SIP/21 CD
	RAM
	e

Oleh :

RAMLAN
105 81 2439 15

JUANDI
105 81 2371 15

**PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2020-2021**

**ESTIMASI DEBIT PUNCAK BERDASARKAN PENENTUAN
KOEFSIEN LIMPASAN DI SUB DAS PAMUKKULU
KABUPATEN TAKALAR**

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

Disusun dan diajukan oleh:

RAMLAN
105 81 2439 15

JUANDI
105 81 2371 15

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

2021

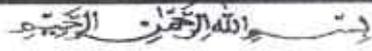
FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : www.unismuh.ac.id, e-mail : unismuh@gmail.com

Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>



HALAMAN PERSETUJUAN

Sebagai 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 : **ESTIMASI DEBIT PUNCAK BERDASARKAN PENENTUAN KOEFISIEN LIMPASAN DI SUB DAS PAMUKKULU KABUPATEN TAKALAR**

Nama : RAMLAN

JUANDI

NPM : 105 81 2439 15

105 81 2371 15

Makassar, 27 Agustus 2021

Telah Diperiksakan dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. H. Abd. Rakhim Nanda, MT., IPM.

Dr. Ma'rufah, SP., MP.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Pengairan

Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM
NBM : 1183 084



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : www.unismuh.ac.id, e-mail : unismuh@gmail.com

Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skrripsi atas nama **Ramlan** dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 2439 15 dan **Juandi** dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 2371 15, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Akhir/Skrripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0011/SK-Y/22201/091004/2021, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 21 Agustus 2021.

Makassar, 13 Muharram 1442 H
21 Agustus 2021 M

Panitia Ujian:

Pengawas Umum

Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag

Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT.

Penguji:

Ketua : Dr. Ir. Hj. Fenty Daud S, MT

Sekretaris : Muh. Amir Zainuddin, ST., MT, IPM

Anggota: 1. Dr. Eng. Mukhsan Putra Hatta, MT

2. Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, ST., MT., IPM

3. Ir. Andi Rahmat, MT

Mengetahui:

Pembimbing I

Dr. Ir. H. Abd. Rakhim Nanda, ST., MT., IPM

Pembimbing II

Dr. Ma'rufah, SP., MP

Dekan Fakultas Teknik


Dr. Ir. H. Nurnawaty, ST., MT., IPM
NBM 795708
DEKAN

ESTIMASI DEBIT PUNCAK BERDASARKAN PENENTUAN KOEFISIEN LIMPASAN DI SUB DAS PAMUKKULU KABUPATEN TAKALAR

¹Ramlan, sipilramlan2715@gmail.com

²Juandi juanjuandi299@gmail.com

¹Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar

²Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar

Abstrak

Debit puncak terjadi karena adanya peningkatan jumlah aliran permukaan, hal ini mengakibatkan peningkatan volume air sungai sehingga kemungkinan terjadi bahaya banjir. Faktor penting yang ada pada perhitungan debit puncak adalah koefisien limpasan (C) yang dapat dijadikan sebagai indikator gangguan fisik dalam suatu DAS. Semakin besar nilai C, menunjukkan bahwa semakin banyak air hujan yang menjadi limpasan permukaan. Koefisien limpasan atau sering disingkat C adalah bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya air larian terhadap besarnya curah hujan. Misalnya C untuk hutan adalah 0,10, artinya 10 persen dari total curah hujan akan menjadi air larian. Rumusan masalah yang mendasari penelitian ini yaitu berapa besar koefisien limpasan dengan menggunakan metode Cook pada sub DAS Pamukkulu, dan bagaimana hasil debit puncak sub DAS Pamukkulu dari nilai koefisien limpasan yang diperoleh, serta bagaimana perbedaan hasil estimasi debit puncak dibandingkan dengan debit puncak aktual. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menghitung besar nilai koefisien limpasan dengan menggunakan metode Cook, dan untuk menghitung debit puncak menggunakan metode Rasional serta menganalisis perbandingan dengan debit puncak aktual. Hasil penelitian koefisien limpasan diperoleh 0,59 dari hasil tabulasi parameter metode Cook, tertinggi pada kemiringan lereng = 0,2198 dan terendah infiltrasi tanah = 0,0996. Berdasarkan hasil perhitungan debit puncak aktual, dari data debit dan data tinggi muka air selama tahun 2010 hingga 2019 menurut metode rasional terjadi pada tahun 2015 yakni = 780,76 m³/dtk. Perbandingan estimasi debit puncak dan debit aktual pada metode rasional tertinggi = 780,76 m³/dtk tahun 2015, sedangkan terendah 539,60 m³/dtk tahun 2012. Hasil kesimpulan penelitian ini menunjukkan bahwa hasil tabulasi kemiringan lereng lebih tinggi dari pada infiltrasi tanah, untuk menghitung debit puncak dengan menggunakan hidrograf pada metode rasional, dan menghasilkan perbandingan debit puncak dan debit aktual, pada tahun 2015 tertinggi dan tahun 2012 terendah.

Kata kunci : koefisien limpasan, debit puncak, metode rasional, metode cook.

Abstract

Peak discharge occurs due to an increase in the amount of surface runoff, this results in an increase in the volume of river water so that there is a possibility of a flood hazard. An important factor in the calculation of peak discharge is the runoff coefficient (C) which can be used as an indicator of physical disturbance in a watershed. The greater the value of C, it indicates that more rainwater becomes surface runoff. The runoff coefficient or often abbreviated as C is a number that shows the ratio between the amount of runoff water and the amount of rainfall. For example, C for forest is 0.10, meaning that 10 percent of the total rainfall will be runoff. The formulation of the problem that underlies this research is how much is the runoff coefficient using the Cook method in the Pamukkulu sub-watershed, and how is the peak discharge of the Pamukkulu sub-watershed from the runoff coefficient obtained, and how the difference in the estimated peak discharge is compared to the actual peak discharge. The purpose of this study is to calculate the runoff coefficient using the Cook method, and to calculate the peak discharge using the Rational method, and to analyze the comparison with the actual peak discharge. The result of this research is that the runoff coefficient is 0.59 from the results of the Cook method parameter tabulation, the highest is on the slope = 0.2198 and the lowest is soil infiltration = 0.0996. Based on the calculation of the actual peak discharge, from discharge data and water level data during 2010 to 2019 according to the rational method, it occurred in 2015 which was = 780.76 m³/s. Comparison of the estimated peak discharge and actual discharge in the rational method, the highest = 780.76 m³/s in 2015, while the lowest was 539.60 m³/s in 2012. The conclusion of this study shows that the tabulation results of the slope of the slope are higher than the soil infiltration, calculating the discharge peak by using the rational method, by producing a comparison of peak discharge and actual discharge, in 2015 the highest and in 2012 the lowest.

Keywords: runoff coefficient, peak discharge, rational method, cook method.

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan judul **“ESTIMASI DEBIT PUNCAK BERDASARKAN PENENTUAN KOEFISIEN LIMPASAN DI SUB DAS PAMUKKULU KABUPATEN TAKALAR”** guna memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik program studi Teknik Sipil Pengairan pada Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan tugas Skripsi ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Terkhusus penulis ucapkan terima kasih kepada kedua orang tua kami tercinta, yang telah mencurahkan seluruh cinta, kasih sayang yang hingga kapanpun penulis takkan bisa membalasnya.
2. Ibu Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, ST., MT., IPM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM selaku Ketua Prodi Teknik Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

4. Bapak Muh. Amir Zainuddin, ST., MT selaku Sekretaris Prodi Teknik Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. Bapak Dr. Ir. H. Abd. Rakhim Nanda, MT., IPM selaku Dosen Pembimbing I dalam penyusunan Skripsi ini.
6. Ibu Dr. Ma'rupah, SP., MP selaku Dosen Pembimbing II dalam penyusunan Skripsi ini.
7. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen dan Staff Akademik Prodi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
8. Terima kasih juga kepada Himpunan Mahasiswa Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
9. Serta ucapan terima kasih kepada saudara-saudara seperjuangan Teknik 2015

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembaca.

Makassar, Agustus 2021

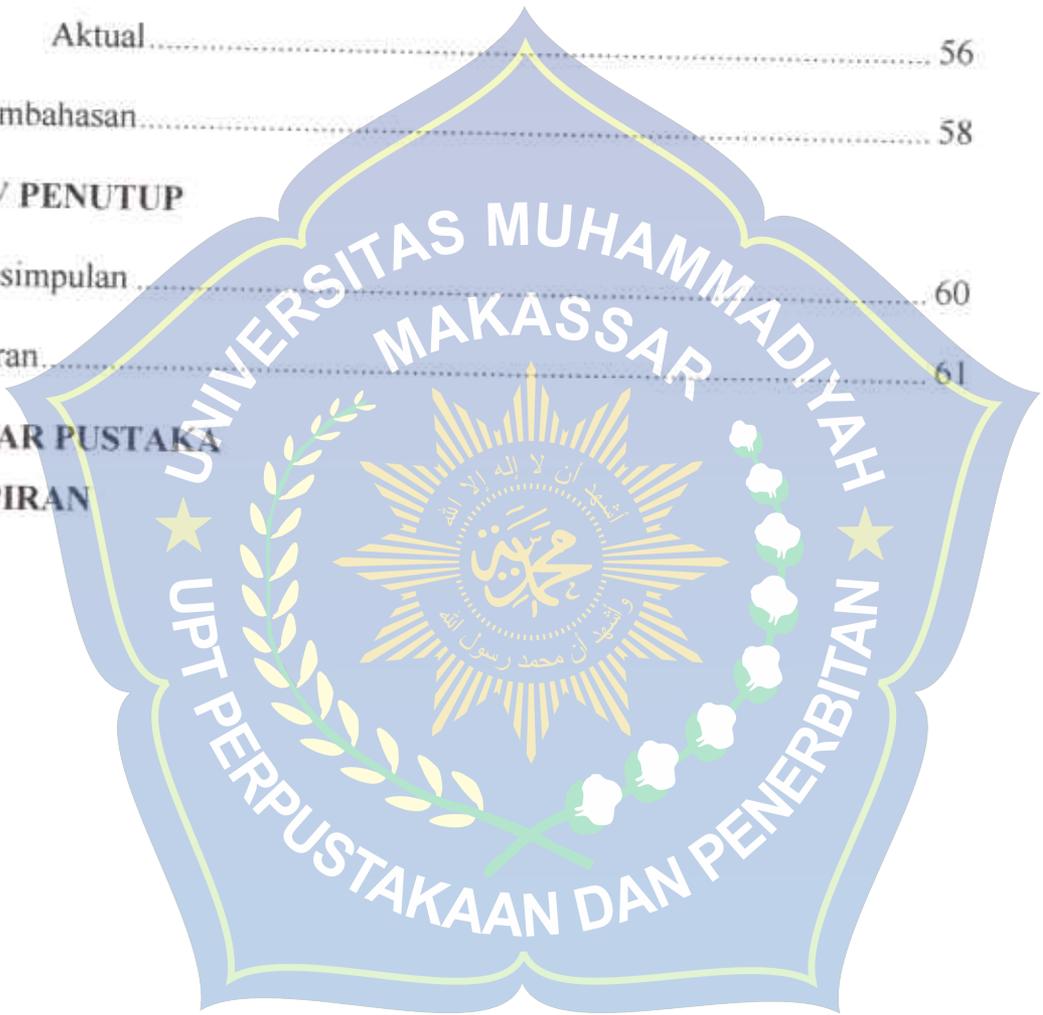
Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Manfaat Penelitian.....	3
E. Batasan Masalah.....	4
F. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Daerah Aliran Sungai.....	6
B. Hidrologi.....	9
C. Siklus Hidrologi.....	10
D. Curah Hujan.....	12
E. Debit Puncak (Q_p).....	19
1. Metode Rasional.....	19

2. Intensitas Hujan	20
3. Limpasan	23
4. Luas DAS	27
F. Debit Sungai (<i>Qp Aktual</i>)	27
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Lokasi Penelitian	30
B. Sumber Data	31
C. Tahap Penelitian	31
D. Metode Analisis	31
E. Bagan Alur Penelitian	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Penelitian	34
1. Analisa Koefisien Limpasan	34
a. Kemiringan Lereng	34
b. Infiltrasi Tanah	35
c. Penggunaan Lahan	36
d. Simpanan Air Permukaan	36
2. Analisa Curah Hujan	43
a. Curah Hujan Maksimum Rerata	44
b. Intensitas Hujan	47
3. Debit Puncak	48
a. Analisa Debit Puncak Metode Rasional	48

b. Analisa Debit Puncak Aktual	49
c. Perbandingan Estimasi Debit Puncak Dengan Debit Puncak Aktual.....	56
B. Pembahasan.....	58
BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan.....	60
B. Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Skema Daerah Aliran Sungai.....	7
Gambar 2. Bentuk Daerah Aliran Sungai.....	9
Gambar 3. Siklus Hidrologi.....	12
Gambar 4. Metode Rata-Rata Aljabar.....	14
Gambar 5. Metode Polygon Thiessen.....	15
Gambar 6. Metode Ishoyet.....	17
Gambar 7. Peta Lokasi Penelitian.....	30
Gambar 8. Bagan Alur Penelitian.....	33
Gambar 9. Peta Kemiringan Lereng.....	38
Gambar 10. Peta Jenis Tanah.....	39
Gambar 11. Peta Penggunaan Lahan.....	40
Gambar 12. Peta Kerapatan Aliran.....	41
Gambar 13. Peta Sebaran Curah Hujan Thiessen.....	46
Gambar 14. Kurva Lengkung Debit.....	53
Gambar 15. Hidrograf Tinggi Muka Air.....	55
Gambar 16. Hidrograf Banjir Persamaan Lengkung Debit.....	55
Gambar 17. Grafik Hasil Perbandingan Estimasi Debit Puncak Dengan Debit Puncak Aktual.....	57

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Persamaan Parameter Statistik	18
Tabel 2. Parameter Pemilihan Distribusi Curah Hujan	19
Tabel 3. Karakteristik DAS untuk Metode Cook	26
Tabel 4. Kemiringan Lereng Sub Das Pamukkulu	35
Tabel 5. Jenis Tanah Sub Das Pamukkulu I	35
Tabel 6. Penggunaan Lahan Sub Das Pamukkulu	36
Tabel 7. Klasifikasi Kerapatan Aliran Sub Das Pamukkulu I	37
Tabel 8. Nilai Koefisien Limpasan Sub Das Pamukkulu I	42
Tabel 9. Luas Pengaruh Setiap Stasiun Das Pamukkulu	44
Tabel 10. Curah Hujan Maksimum Rerata Metode Polygon Thiessen	45
Tabel 11. Perhitungan Intensitas Hujan	48
Tabel 12. Hasil Estimasi Debit Puncak Metode Rasional	49
Tabel 13. Persamaan Model Regresi Berpangkat	50
Tabel 14. Tinggi Muka Air Max. Perbulan Dari Tahun 2010-2019	54
Tabel 15. Besaran Debit Dari TMA Max. Persamaan Lengkung Debit Tahun 2010-2019	54
Tabel 16. Debit Puncak Aktual dari Tahun 2010-2019	56
Tabel 17. Selisih Estimasi Debit Dengan Puncak Debit Aktual	57

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengidentifikasi kesehatan suatu DAS adalah dengan melakukan pemantauan kejadian banjir melalui informasi debit puncak. Informasi tersebut dapat diperoleh dengan membaca ketinggian air pada waktu tertentu. Namun, tidak semua DAS memiliki catatan hidrologi yang lengkap, sehingga data debit puncak belum tersedia. Oleh karena itu, diperlukan pemodelan hidrologi untuk memperkirakan debit puncak.

Debit puncak terjadi karena adanya peningkatan jumlah aliran permukaan, hal ini mengakibatkan peningkatan volume air sungai sehingga kemungkinan terjadi bahaya banjir (Wicaksono dkk, 2009). Debit puncak dipengaruhi oleh dua faktor, antara lain faktor curah hujan dan faktor DAS. Faktor hujan meliputi; jumlah hujan, intensitas hujan, durasi hujan, dan distribusi hujan. Sedangkan faktor DAS yaitu; luas daerah aliran sungai, bentuk daerah aliran sungai, topografi, jenis tanah, geologi, dan penggunaan lahan.

Salah satu faktor penting yang pada perhitungan debit puncak adalah koefisien limpasan (C). Menurut Asdak (2014), koefisien limpasan merupakan bilangan yang menunjukkan nisbah antara aliran permukaan

dengan curah hujan penyebabnya. Akhirnya koefisien limpasan dapat dijadikan sebagai indikator gangguan fisik dalam suatu DAS. Semakin besar nilai C, menunjukkan bahwa semakin banyak air hujan yang menjadi limpasan permukaan. Kesalahan dalam menentukan nilai C akan berpengaruh pada kesalahan dalam estimasi aliran permukaan.

Apabila suatu DAS tidak dikelola dengan baik, maka dapat menyebabkan DAS di suatu DAS tidak dapat lagi menahan limpasan air hujan, sehingga limpasan air yang berlebihan akan menyebabkan terjadinya banjir. Kerusakan Daerah Aliran Sungai (DAS) yang sekaligus juga merupakan daerah tangkapan air, saat ini menjadi masalah diberbagai wilayah di Indonesia. Salah satu sungai besar yang melintasi kabupaten Takalar propinsi Sulawesi Selatan adalah sungai Pappa. Sungai Pappa mengalir dari arah timur ke barat dan membentuk kawasan berupa Daerah Aliran Sungai (DAS) Pamukkulu.

Berdasarkan hal-hal yang telah diuraikan diatas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul **“Estimasi Debit Puncak Berdasarkan Penentuan Koefisien Limpasan Di Sub Das Pamukkulu Kabupaten Takalar”**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian masalah di atas maka dapat di rumuskan permasalahan penelitian sebagai berikut:

1. Berapa besar koefisien limpasan dengan menggunakan metode Cook pada sub DAS Pamukkulu ?
2. Bagaimana hasil debit puncak sub DAS Pamukkulu dari nilai koefisien limpasan yang diperoleh ?
3. Bagaimana perbedaan hasil estimasi debit puncak dibandingkan dengan debit puncak aktual ?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas maka tujuan penelitian yaitu:

1. Menganalisis seberapa besar koefisien limpasan pada sub DAS Pamukkulu dengan menggunakan metode Cook.
2. Menghitung debit puncak sub DAS Pamukkulu menggunakan metode Rasional dari nilai koefisien limpasan yang diperoleh dari metode Cook.
3. Mengetahui perbedaan hasil estimasi debit puncak dibandingkan dengan debit puncak aktual.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Memberikan manfaat bagi perencanaan dan pengelolaan DAS dalam mengestimasi debit puncak dengan penentuan koefisien limpasan yang tepat agar hasilnya lebih akurat
2. Menjadi bahan informasi bagi instansi terkait serta pihak-pihak lainnya yang terkait dalam pelestarian dan pengembangan DAS Pamukkulu.

E. Batasan Masalah

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

1. Estimasi debit puncak menggunakan metode Rasional
2. Dalam perhitungan metode Rasional dibutuhkan analisa intensitas hujan, nilai koefisien limpasan dan luas DAS
3. Koefisien limpasan ditentukan pada metode Cook, melalui analisa GIS terhadap beberapa peta seperti peta kemiringan lereng, penggunaan lahan, dan jenis tanah.
4. Untuk perbandingan estimasi debit puncak membutuhkan data debit puncak aktual dari tinggi muka air dan kurva lengkung debit.

F. Sistematika Penulisan

Berdasarkan uraian dari latar belakang, rumusan masalah dan tujuan penelitian yang hendak dicapai dalam penelitian, maka kami menguraikan secara sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN merupakan BAB yang menguraikan tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA merupakan tinjauan yang memuat secara sistematis tentang teori, pemikiran dan hasil penelitian yang ada

hubungannya dengan penelitian ini. Bagian ini akan memberikan kerangka dasar yang konfrensif mengenai konsep, prinsip atau teori yang akan di gunakan untuk pemecahan masalah.

BAB III METODE PENELITIAN merupakan metodologi penelitian yang menjelaskan lokasi penelitian, sumber data, tahapan penelitian dan metode analisis yang di gunakan dalam proses penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN merupakan analisa hasil dan pembasan yang menguraikan tentang hasil hasil yang di peroleh dari proses penelitian dan hasil pembahasannya. Penyajian hasil penelitian memuat deskripsi sistematis tentang data yang diperoleh. Sedangkan pada bagian pembahasannya adalah pengolahan data hasil penelitian dengan tujuan untuk mencapai penelitian.

BAB V PENUTUP merupakan penutup yang berisi kesimpulan dari hasil penelitian, serta saran dari penulis yang berkaitan dengan factor pendukung dan faktor penghambat yang dialami selama penelitian berlangsung, yang nantinya diharapkan agar penelitian ini terangkum dengan baik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Daerah Aliran Sungai

Daerah aliran sungai (DAS) adalah suatu daerah tertentu yang bentuk dan sifat alirannya sedemikian rupa sehingga merupakan kesatuan dengan anak-anak sungainya yang melalui daerah tersebut dalam fungsinya untuk menampung air yang berasal dari curah hujan dan sumber air lainnya dan kemudian mengalirkannya melalui sungai utama atau outlet.

Daerah aliran sungai merupakan daerah yang dibatasi punggung-punggung gunung dimana air hujan yang jatuh pada daerah tersebut akan ditampung oleh punggung gunung tersebut akan dilahirkan melalui sungai-sungai kecil ke sungai utama. DAS biasanya dibagi menjadi daerah hulu, tengah, dan hilir. (Asdak, 2014)

Menurut Asdak, kajian ekosistem DAS dibagi menjadi tiga daerah yaitu :

1. Daerah hulu sungai

Daerah hulu sungai merupakan daerah konservasi dan mempunyai karakteristik alam antara lain: kemiringan lahan tajam, bukan daerah banjir dan genangan dan kerapatan drainasenya tinggi, vegetasi

penutup lahan umumnya merupakan tegalan hutan, pemakaian air ditentukan oleh pola drainase.

2. Daerah tengah sungai.

Daerah aliran sungai bagian tengah merupakan daerah transisi dari kedua karakteristik biogeofisik DAS hulu dan hilir.

3. Daerah hilir sungai

Daerah hilir sungai merupakan daerah pemanfaatan, dan mempunyai karakteristik alam sebagai berikut: kemiringan lereng kecil sampai dengan sangat sehingga di beberapa tempat menjadi daerah banjir dan genangan, vegetasi penutup lahan didominasi oleh tanaman pertanian, sedangkan pemakaian airnya diatur dengan beberapa bangunan irigasi.



Gambar 1. Skema Daerah Aliran Sungai (Sumber: Sosrodarsono dan Takeda)

Ekosistem DAS hulu merupakan bagian yang penting karena mempunyai fungsi perlindungan terhadap seluruh bagian DAS. Perlindungan ini, antara lain, dari segi fungsi tata air. Oleh karena itu, DAS hulu seringkali menjadi fokus perencanaan pengelolaan DAS mengingat bahwa dalam suatu DAS, daerah hulu dan hilir mempunyai keterkaitan biofisik melalui daur hidrologi (Asdak, 2014).

Bentuk daerah aliran sungai terdiri dari beberapa macam yaitu, bentuk bulu burung, radial dan paralel (Sosrodarsono dan Takeda 1987), sebagai berikut:

1. Bentuk Bulu Burung

Bentuk aliran dan anak sungai yang menyerupai ruas-ruas tulang dari bulu burung dan anak-anak sungai langsung mengalir ke sungai utama. Bentuk bulu burung ini jarang menimbulkan resiko banjir karena air yang mengalir dari anak sungai tidak bersamaan mengalir dan hingga sampai di sungai utama pada waktu yang berbeda.

2. Bentuk Radial

Bentuk DAS yang wilayahnya berbentuk kipas atau lingkaran yang menyebar dan bertemu di titik-titik tertentu namun pada bentuk ini memiliki resiko banjir yang besar.

3. Bentuk Pararel

Daerah aliran sungai yang memiliki dua jalur sub DAS yang sejajar dan bergabung di bagian hilir. Bentuk pararel ini memiliki resiko banjir yang cukup besar di titik hilir aliran sungai.

Dari penjelasan diatas dapat dilihat pada gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2. Bentuk Daerah Aliran Sungai (Sumber: Sosrodarsono dan Takeda)

B. Hidrologi

Air di bumi ini mengulangi terus menerus sirkulasi: penguapan, presipitasi, dan pengaliran keluar (*outflow*). Air menguap ke udara dari permukaan tanah dan laut, berubah menjadi awan sesudah melalui proses dan kemudian jatuh sebagai hujan atau salju ke permukaan laut atau daratan. Sebelum tiba ke permukaan bumi sebagian langsung menguap ke udara dan sebagian tiba ke permukaan bumi. Tidak semua bagian hujan yang jatuh ke permukaan bumi mencapai ke permukaan tanah. Sebagian

akan tertahan oleh tumbuh-tumbuhan dimana sebagian akan menguap dan sebagian lagi akan jatuh atau mengalir melalui dahan-dahan ke permukaan tanah. (Asdak, 2014).

Air permukaan tanah dan air tanah yang dibutuhkan untuk kehidupan dan produksi adalah air yang terdapat dalam proses sirkulasi ini. Jadi jika sirkulasi ini tidak merata, maka akan terjadi bermacam-macam kesulitan. Jika terjadi sirkulasi yang lebih, seperti banjir, maka harus diadakan pengendalian banjir. (Sosrodarsono dan Takeda, 1987).

Berdasarkan konsep tersebut, hidrologi memiliki ruang lingkup atau cakupan yang luas. Secara substansial, cakupan bidang ilmu itu meliputi: asal mula dan proses terjadinya air pergerakan dan penyebaran air, sifat-sifat air, keterkaitan air dengan lingkungan dan kehidupan. Hidrologi merupakan suatu ilmu yang mengkaji tentang kehadiran dan gerakan air di alam. Studi hidrologi meliputi berbagai bentuk air serta menyangkut perubahan-perubahannya, antara lain dalam keadaan cair, padat, gas, dalam atmosfer, di atas dan di bawah permukaan tanah, distribusinya, penyebarannya, gerakannya dan lain sebagainya.

C. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan proses berkelanjutan dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi. Air di permukaan tanah dan laut menguap ke udara. Uap air tersebut bergerak dan

naik ke atmosfer, yang kemudian mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik-titik air yang berbentuk awan. Selanjutnya titik-titik air tersebut jatuh sebagai hujan ke permukaan laut dan daratan. Hujan yang jatuh sebagian tertahan oleh tumbuh-tumbuhan (intersepsi) dan selebihnya sampai ke permukaan tanah. Sebagian air hujan yang sampai ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) dan sebagian lainnya mengalir di atas permukaan tanah (aliran permukaan atau *surface run off*) mengisi cekungan tanah, danau, dan masuk ke sungai dan akhirnya mengalir ke laut. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir di dalam tanah (perkolasi) mengisi air tanah yang kemudian keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai, akhirnya aliran air di sungai akan sampai ke laut.

Proses tersebut berlangsung terus menerus yang disebut dengan siklus hidrologi. Adapun penjelasan tahapan-tahapan siklus hidrologi sebagai berikut:

1. Evaporasi – transpirasi, yaitu proses terjadinya awan dari penguapan air yang ada di laut, daratan, sungai dan di tanaman, dsb. Pada kondisi jenuh awan akan menjadi butir-butir air yang kemudian jatuh (*precipitation*) dalam bentuk hujan, salju atau es.
2. Infiltrasi/perkolasi, yaitu proses pergerakan air ke dalam tanah melalui celah-celah dan pori-pori tanah dan batuan menuju muka air tanah.

3. Aliran air permukaan/limpasan, yaitu proses pergerakan air di atas permukaan tanah menuju ke aliran utama (sungai) dan danau.



Gambar 3. Siklus Hidrologi (Sumber: Asdak)

D. Curah Hujan

Menurut Suyono Sosrodarsono (1987), curah hujan yang diperlukan untuk mendukung pekerjaan perencanaan dan detail design pengendalian banjir dimaksudkan untuk memperoleh keluaran berupa “besaran banjir rancangan”. Dalam hal ini besarnya volume debit yang disebabkan oleh curah hujan jangka waktu yang pendek dipergunakan sebagai acuan dalam perencanaan bangunan-bangunan sungai, seperti talud, pintu air saluran pembuang (*Flap Gate*), pelindung lereng tebing (*groin*, *bronjong*, *riprap*, dan *krip*), bangunan pengendali dasar sungai (*groundsill*), bendung irigasi dan lain-lain. Catatan hujan setiap waktu (*kontinyu*) itu,

dirubah menjadi intensitas curah hujan per jam dan disebut intensitas curah hujan.

Dari data curah hujan yang ada dapat diketahui tinggi hujan pada titik yang ditinjau, yang selanjutnya dapat dipergunakan untuk analisis banjir akibat hujan dengan menggunakan hidrograf sintetis. Analisis selanjutnya diarahkan untuk memperkirakan besarnya debit banjir yang dihitung untuk beberapa kala ulang yaitu 5, 10, 20, 25, 50, dan 100 tahun.

Makin pendek jangka waktu curah hujan, makin besar intensitasnya. Distribusi hujan terkadang berhenti atau menjadi kecil atau lemah, jadi jika jangka waktu curah hujan itu panjang, maka intensitasnya kecil. Menurut beberapa pengamatan, jika curah hujan harian itu dianggap 100%, maka curah hujan 1 jam adalah kira-kira 20%, curah hujan 2 jam kira-kira 32%, curah hujan 5 jam kira-kira 50% dan curah hujan 14 jam kira-kira 80% (Sosrodarsono, 1987).

Ada tiga cara dalam menentukan tinggi curah hujan rata-rata daerah dari pengamatan curah hujan di beberapa titik stasiun penakar atau pencatat adalah sebagai berikut (C.D. Soemarto, 1990) :

a. Metode Rata-rata Aljabar

Merupakan metode yang paling sederhana dalam suatu perhitungan hujan kawasan. Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa semua penakar hujan mempunyai pengaruh yang setara. Tinggi rata-rata curah hujan yang

didapatkan dengan mengambil rata-rata (*arithmetic mean*) pengukuran hujan di pos penakar-hujan di dalam areal tersebut. Jadi cara ini akan memberikan suatu hasil yang dapat dipercaya jika pada pos-pos penakarnya ditempatkan secara merata di areal tersebut serta hasilnya tidak menyimpang dari nilai rata-rata seluruh pos di seluruh areal

Cara ini biasanya cocok untuk suatu kawasan dengan topografi rata atau dasar, alat penakar tersebar merata ataupun hampir merata dan data individual curah hujan yang ada tidak terlalu jauh dari harga rata-ratanya. Hujan kawasan diperoleh dari persamaan:

$$P = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n} \quad (2.1)$$



Gambar 4. Metode Rata-Rata Aljabar (Sumber: C.D. Soemarto)

Keterangan:

P = Curah hujan rata-rata (mm)

P1, P2, Pn = Curah hujan yang tercatat di pos penakar (mm)

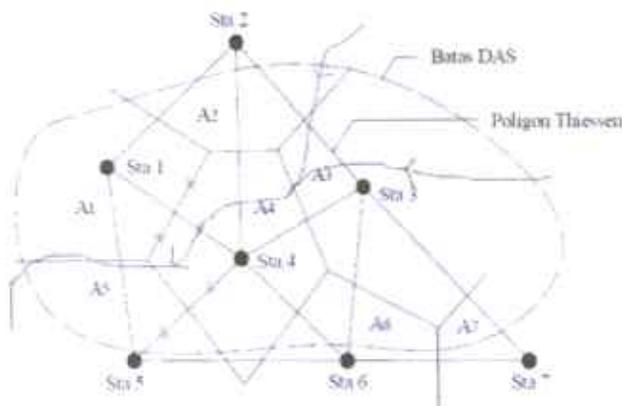
n = Banyaknya pos penakar hujan

b. Metode Polygon Thiessen

Metode ini dikenal dengan metode rata-rata timbang (*weighted mean*). Cara ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos penakar hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar terdekat. Diasumsikan bahwa variasi hujan antara pos yang satu dengan lainnya adalah linier dan bahwa sembarang pos dianggap dapat mewakili kawasan terdekat. Hasil dari metode polygon Thiessen biasanya lebih akurat dibandingkan dengan metode rata-rata aljabar.

Cara ini cocok untuk suatu daerah datar dengan luas 500-5000 km² dan jumlah pos penakar hujan terbatas dibandingkan luasnya. Hujan rata-rata DAS dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$R = \frac{A_1 \times P_1 + A_2 \times P_2 + \dots + A_n \times P_n}{A_1 + A_2 + A_n} \quad (2.2)$$



Gambar 5. Metode Polygon Thiessen (Sumber: C.D. Soemarto)

Keterangan :

R = Curah hujan rata-rata (mm)

R₁,R₂,R_n = Curah hujan yang tercatat di pos penakar (mm)

A₁,A₂,A_n = Luas areal Polygon (km²)

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam metode ini antara lain:

- 1) Jumlah stasiun pengamatan minimal tiga buah stasiun;
- 2) Penambahan stasiun akan mengubah jaringan;
- 3) Topografi daerah tidak akan diperhitungkan;
- 4) Stasiun hujan tidak tersebar merata.

c. Metode Ishoyet

Metode ini merupakan metode yang paling akurat untuk menentukan hujan rata-rata, namun diperlukan keahlian dan pengalaman. Metode *ishoyet* cocok untuk daerah berbukit dan tidak teratur dengan luas lebih dari 5000 km². Cara ini memperhitungkan secara aktual pengaruh tiap-tiap pos penakar hujan. Dengan kata lain, asumsi metode *ishoyet* yang menganggap bahwa tiap-tiap pos penakar mencatat kedalaman yang sama untuk daerah sekitarnya dapat dikoreksi. Metode *ishoyet* terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut:

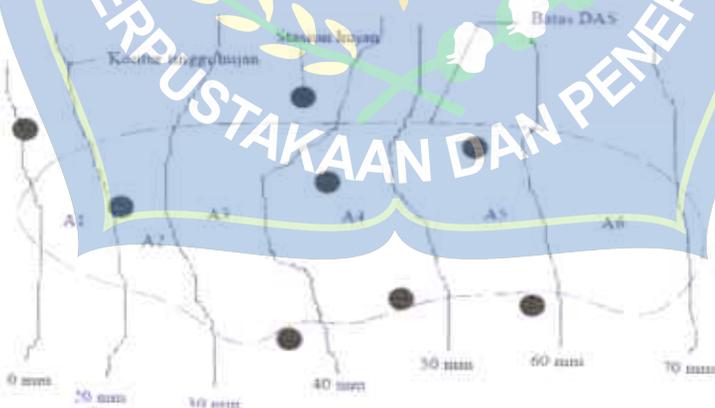
- 1) Plot data kedalaman air hujan untuk tiap pos penakar hujan pada peta.

MILIK PERPUSTAKAAN
UNISMUM MAKASSAR

- 2) Gambar kontur kedalaman air hujan untuk tiap pos penakar hujan pada peta.
- 3) Gambar kontur kedalaman air hujan dengan menghubungkan titik-titik yang mempunyai kedalaman air yang sama. Interval *ishoyet* yang umum dipakai adalah 10 mm.
- 4) Hitung luas area antara dua garis *ishoyet* dengan menggunakan plannimeter. Kalikan masing-masing luas areal dengan rata-rata hujan antara dua *ishoyet* yang berdekatan.

Hitung hujan rata-rata DAS dengan persamaan berikut ini :

$$R = \frac{\sum (A_i \frac{R_1 + R_n}{2})}{\sum A_i} \quad (2.3)$$



Gambar 6. Metode Ishoyet (Sumber: C.D. Soemarto)

Keterangan :

- R = Curah hujan rata-rata (mm)
- R₁, R_n = Curah hujan yang tercatat dipos penakar (mm)
- A_i = Luas areal polygon (km²)

Dalam perhitungan curah hujan rancangan digunakan analisis frekuensi, akan tetapi sebelum menggunakannya perlu dikaji parameter statistic yang berkaitan dengan analisis frekuensi. Adapun pengujian parameter statistik analisis frekuensi adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995) :

- 1) Menghitung parameter statistik C_s , C_v , C_k untuk menentukan pemilihan analisa distribusi frekuensi. Syarat untuk EJ. Gumbell, $C_k = 5,40$ dan $C_s = 1,14$, Log Pearson III harga C_s dan C_v nya bebas, dan untuk Log Normal $C_s = 0,00$.
- 2) Setelah diketahui distribusi frekuensi, maka sebaran data dapat diuji dengan metode Chi-Square dan metode Smimov Kolmogorof Test.

Tabel 1. Persamaan parameter statistik

Rata-rata	$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$
Standar Deviasi	$S = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \right]^{1/2}$
Koefisien <i>Skewness</i>	$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)5^3}$
Koefisien <i>Kurtosis</i>	$C_k = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)5^4}$
Koefisien Varians	$C_v = \frac{S}{\bar{X}}$

Tabel 2. Parameter Pemilihan Distribusi curah Hujan

Jenis Distribusi	Kriteria
Distribusi Normal	$C_s = 0,00$ $C_k = 3,00$
Log Normal	$C_s = 3 (C_v)$ $C_s > 0.00$
Gumbel	$C_s = 1,1396$ $C_k = 5,4002$
Log Person Tipe III	Tidak sama dengan distribusi lain. $C_s \neq 0$

E. Debit Puncak (Q_p)

Debit puncak terjadi karena adanya peningkatan jumlah aliran permukaan, hal ini mengakibatkan peningkatan volume air sungai sehingga kemungkinan terjadi bahaya banjir (Wicaksono dkk, 2009).

1. Metode Rasional

Metode Rasional adalah salah satu dari metode yang paling lama dipakai dan hanya digunakan untuk memperkirakan aliran permukaan. Metode ini berdasarkan asumsi bahwa hujan mempunyai intensitas yang seragam dan merata di seluruh DAS selama minimal sama dengan waktu konsentrasi (t_c). Jika curah hujan dengan intensitas (I) terjadi secara terus menerus, maka laju limpasan langsung bertambah sampai mencapai t_c , sedangkan t_c tercapai ketika seluruh bagian DAS telah memberikan kontribusi aliran di muara (*outlet*), sehingga perhitungan debit banjir

dengan metode Rasional ini memerlukan data intensitas curah hujan (I), yaitu ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu di mana air tersebut terkonsentrasi dengan satuan mm/jam (Loebis 1992).

Pada sistem aliran, laju masukan adalah hasil dari curah hujan dengan intensitas pada suatu DAS dengan luasan, sedang nilai perbandingan antara laju masukan dengan laju debit puncak (Q_p) yang terjadi saat mencapai waktu konsentrasi (t_c) dinyatakan sebagai koefisien limpasan (C) dimana nilainya 0 sampai 1 sekon. Artinya bahwa curah hujan selama satu jam dengan intensitas hujan 1 mm/jam di daerah seluas 1 ha menghasilkan Q_p sebesar 0.002778 m³/dt yang melimpas merata selama satu jam, sehingga dapat disajikan dibawah ini (Suripin, 2004).

$$Q_p = 0,278 C \cdot I \cdot A \quad (2.4)$$

Keterangan :

Q_p = debit puncak (m³/detik)

C = koefisien limpasan

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

A = luas DAS (km²)

2. Intensitas Hujan

Intensitas hujan menurut Asdak (2014), menyatakan bahwa intensitas hujan adalah jumlah hujan per satuan waktu. Untuk mendapatkan nilai intensitas hujan di suatu tempat maka alat penakar hujan yang

digunakan harus mampu mencatat besarnya volume hujan dan waktu mulai berlangsungnya hujan sampai hujan tersebut berhenti. Intensitas hujan atau ketebalan hujan per satuan waktu lazimnya dalam satuan milimeter per jam. Data intensitas hujan biasanya dimanfaatkan untuk perhitungan perhitungan prakiraan besarnya erosi, debit puncak (banjir), perencanaan drainase, dan bangunan air lainnya. Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada kurun waktu dimana air tersebut terkonsentrasi. Intensitas curah hujan dinotasikan dengan huruf I dengan satuan mm/jam.

Lama waktu hujan adalah lama waktu berlangsungnya hujan, dalam hal ini dapat mewakili total curah hujan atau periode hujan yang singkat dari curah hujan yang relatif seragam. Untuk menentukan nilai intensitas hujan biasanya menggunakan data curah hujan untuk daerah penelitian yang terdiri atas lama waktu hujan dan interval waktu hujan (Asdak, 2014). Untuk melakukan analisis frekuensi kejadian hujan atau banjir besar pada intensitas dan lama waktu yang berbeda digunakan data curah hujan yang diperoleh dari suatu stasiun penakar hujan. Pengalaman yang diperoleh dari daerah tropis menunjukkan bahwa curah hujan yang sangat intensif umumnya berlangsung dalam waktu relatif singkat. Sedangkan presipitasi yang berlangsung cukup lama pada umumnya tidak terlalu deras (Asdak, 2014).

Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya

makin tinggi pula intensitasnya (Suripin, 2004). Intensitas hujan ditentukan dengan persamaan monobe (Subarkah, 1980):

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T_c} \right)^{0.67} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

I = Intensitas Hujan (mm)

R₂₄ = Hujan Harian (mm)

T_c = Waktu Konsentrasi (jam)

Adapun untuk menghitung debit puncak (*Q_p*) diperlukan intensitas hujan dengan waktu periode ulang tertentu dan lama waktu hujan sama dengan waktu konsentrasi (*t_c*).

Waktu Konsentrasi *t_c* (*time of concentration*) adalah waktu perjalanan yang diperlukan oleh air dari tempat yang paling jauh (hulu DAS) sampai ke titik pengamatan aliran air (*outlet*). Hal ini terjadi ketika tanah sepanjang kedua titik tersebut telah jenuh dan semua cekungan bumi lainnya telah terisi oleh air hujan. (Asdak, 2014). Waktu konsentrasi dapat dilakukan dengan persamaan matematik oleh Kirpich (1940):

$$T_c = 0,0195 L^{0,77} S^{0,385} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

T_c = Waktu Konsentrasi (jam)

L = Panjang sungai utama (jam)

S = Kemiringan sungai (m/m)

3. Limpasan

Apabila suatu DAS memiliki intensitas hujan yang melebihi kapasitas infiltrasi, maka setelah laju infiltrasi terpenuhi air hujan akan mengisi cekungan cekungan pada permukaan lahan hingga akhirnya terisi penuh dan air akan mengalir pada permukaan tanah. Air yang mengalir di atas permukaan tanah disebut dengan limpasan permukaan. Limpasan pada permukaan tanah akan masuk pada saluran drainase yang kemudian akan bertemu pada suatu anak sungai dan akan menjadi aliran sungai. Hal ini dapat menyebabkan debit sungai meningkat dan apabila debit sungai lebih besar dari kapasitas sungai hal ini akan menyebabkan terjadinya luapan sungai yang pada akhirnya menyebabkan banjir pada suatu DAS atau wilayah (Triatmodjo, 2010).

a. Faktor–Faktor Penentu Koefisien Limpasan

Faktor-faktor yang mempengaruhi limpasan adalah curah hujan (intensitas, laju dan distribusi hujan), jenis tanah, topografi, luas daerah aliran, tanaman penutup tanah dan sistem pengelolaan tanah. Pengaruh DAS terhadap aliran permukaan melalui topografi, keadaan tata guna lahan (jenis dan kerapatan vegetasi), bentuk, luas DAS dan geologi .

Sosrodarsono dan Takeda (1987) menyatakan bahwa faktor-faktor mempengaruhi sifat limpasan permukaan adalah sebagai berikut:

1. Curah hujan, jumlah laju, dan distribusi
2. Temperature
3. Tanah, tipe dan topografi
4. Luas daerah aliran
5. Sistem pengelolaan tanah

Pengaruh faktor-faktor tersebut adalah demikian kompleksnya, sehingga meskipun semuanya dapat diketahui, keadaan aliran permukaan yang terjadi hanya mungkin dapat dihitung sampai mendekati keadaan sebenarnya. Jika keadaan setempat telah diteliti untuk beberapa waktu, prediksi yang lebih tentang keadaan aliran permukaan dapat dilakukan. (Arsyad, 2010).

b. Koefisien Limpasan

Menurut Asdak (2014), koefisien limpasan merupakan bilangan yang menunjukkan nisbah antara aliran permukaan dengan curah hujan penyebabnya. Koefisien limpasan atau sering disingkat C adalah bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya air larian terhadap besarnya curah hujan. Misalnya C untuk hutan adalah 0,10, artinya 10 persen dari total curah hujan akan menjadi air larian.

Angka koefisien ini merupakan salah satu indikator untuk menentukan apakah suatu DAS telah mengalami gangguan (fisik). Nilai C yang besar menunjukkan bahwa lebih banyak air hujan yang menjadi air

hujan. Hal ini kurang menguntungkan dari pencagaran sumber daya air karena besarnya air yang akan menjadi air tanah berkurang. Kerugian lainnya adalah dengan semakin besarnya jumlah air hujan yang menjadi air larian, maka ancaman terjadinya erosi dan banjir menjadi lebih besar. Angka C berkisar Antara 0 hingga 1. Angka 0 menunjukkan bahwa semua air hujan terdistribusi menjadi air intersepsi dan terutama infiltrasi. Sedang angka $C = 1$ menunjukkan bahwa air hujan mengalir sebagai air larian. Di lapangan, angka koefisien biasanya lebih besar dari 0 dan lebih kecil dari 1. (Asdak, 2014).

c. Metode Cook

Untuk menentukan besarnya koefisien limpasan pada DAS ada beberapa metode yang dapat digunakan salah satunya ialah Metode Cook. Berdasarkan Metode Cook, koefisien limpasan diperoleh ditinjau dari faktor kemiringan lereng, penggunaan lahan, kerapatan aliran dan tekstur tanah. Infiltrasi merupakan kemampuan tanah untuk meresapkan air (berkaitan dengan tekstur tanah, lereng, dan penutup lahan/kerapatan vegetasi). Semakin rendah kemampuan infiltrasi tanah, Semakin halus tekstur tanahnya, semakin curam lereng, dan semakin rendahnya tutupan vegetasinya, menjadikan debit puncak DAS tinggi.

Untuk memperoleh nilai koefisien C dari masing-masing variable disajikan dalam Tabel berikut ini :

Tabel 3. Karakteristik DAS untuk Metode Cook

Karakteristik DAS	Karakteristik yang Menghasilkan Aliran			
	Ekstrim (100)	Tinggi (75)	Sedang (50)	Rendah (25)
Topografi	Curam (> 40%)	Berbukit (10-30%)	Bergelombang (5-10%)	Datar (0-5%)
Bobot	40	30	20	10
Infiltrasi Tanah	Batuan yang tertutup lapisan tanah tipis	Lempung	Geluh Berpasir, Geluh Berdebu, Geluh, Geluh Berlempung	Pasir, Pasir Bergeluh
Bobot	20	15	10	5
Vegetasi Penutup	Permukiman, lahan kosong	Sawah irigasi, sawah tadah hujan, dan tegalan	Kebun campuran, hutan kurang rapat	Hutan rapat
Bobot	20	15	10	5
Simpanan Permukaan	Dapat diabaikan, pengatusan kumulatif saluran curam, tidak ada danau	Sedikit, pengatusan baik, tidak ada danau	Sedang, pengatusan baik-sedang, 2% luas daerah berupa danau	Banyak, pengatusan kurang, banyak danau
Bobot	20	15	10	5

Sumber : (Chow, 1998)

Apabila masing-masing parameter terdiri dari beberapa klasifikasi maka dilakukan perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C_{DAS} = \frac{C_1.A_1 + C_2.A_2 + \dots + C_n.A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \quad (2.7)$$

Keterangan :

C = Koefisien Limpasan

C_{1, 2, n} = Koefisien Aliran Parameter

A_{1, 2, n} = Luas Parameter

4. Luas DAS

Luas suatu daerah aliran sungai (DAS) adalah luas daerah tangkapan air hujan yang dibatasi oleh pemisah alam topografi antara lain punggung bukit atau pegunungan dan dan dinotasikan dengan huruf A. Luas dan kemiringan DAS akan mempengaruhi kecepatan dan volume aliran air/debit (Q) permukaan, sehingga semakin luas suatu daerah aliran sungai (DAS) maka volume aliran permukaan atau debit (Q) dalam satuan $m^3/detik$ akan semakin besar.

F. Debit Sungai (Qp Aktual)

Data debit diperlukan dalam studi-studi untuk menentukan volume aliran atau perubahan-perubahannya yang diakibatkan oleh bangunan-bangunan yang dibuat di sungai oleh manusia. Karena besarnya debit karna dengan luas penampang basah dikalikan kecepatan arus maka pengukurannya diarahkan pada kedua faktor tersebut (Soemarto, 1990):

1. Pengukur Duga Air (*Staff Gauge*)

Karena sulitnya untuk mengukur debit, maka data pmer yang dapat dikumpulkan di pos pengukur debit adalah duga air. Cara yang paling sederhana untuk mengukur duga air adalah dengan menggunakan rambu duga air (*staff gauge*), yang merupakan skala yang dipasang sedemikian rupa sehingga ada bagian yang selalu tenggelam dalam air. Rambu tersebut terdiri dari skala vertikal tunggal yang ditempelkan pada pilar jembatan, di

tiang pancang, tembok penahan tanah atau konstruksi lain yang mencapai palung aliran kecil (*low water channel*) sungai. Jika tidak terdapat konstruksi atau bangunan yang dapat digunakan untuk menempelkan rambu duga air pada segala kedalaman, maka dipasang rambu duga air seksional (*sectional staff gauge*). Potongan-potongan rambu dipasang pada bangunan yang ada atau pada konstruksi khusus yang dibuat sedemikian rupa sehingga setiap potongan rambu tersebut dapat dibaca atau diamati.

2. Pencatat Duga Air Otomatis AWLR (*Automatic Water Level Recorder*)

Pencatat duga air otomatis (*automatic water level recorder*) memiliki pelampung yang bergerak akibat perubahan permukaan air sungai yang dicatat di atas suatu grafik. Alat ini ditempatkan di dalam suatu shelter. Pelampungnya ditempatkan di dalam pipa casing yang dihubungkan dengan pipa intake ke sungai agar tidak terganggu oleh benda-benda asing.

3. Pengukur Debit

Salah satu cara yang dapat digunakan dalam mengukur debit sungai yaitu dengan mengukur kecepatan arus dapat dilakukan dengan menggunakan pelampung atau alat pengukur kecepatan (*current meter*). Jika digunakan alat pelampung, pengukur kecepatan arus dapat dilakukan dengan mudah meskipun permukaan air sungai tinggi. Tempat yang dipilih untuk keperluan ini merupakan bagian sungai yang lurus dengan perubahan lebar, kedalaman dan gradient sungai yang kecil. Tiang-tiang pengamatan

dipancangkan di dua titik yang berjarak 50-100 m. waktu tempuh pelampung di antara dua buah garis pengamatan diukur dengan stopwatch. Setelah itu, debit dapat dihitung dengan cara mengalikan kecepatan dengan luas penampang basah sungai.

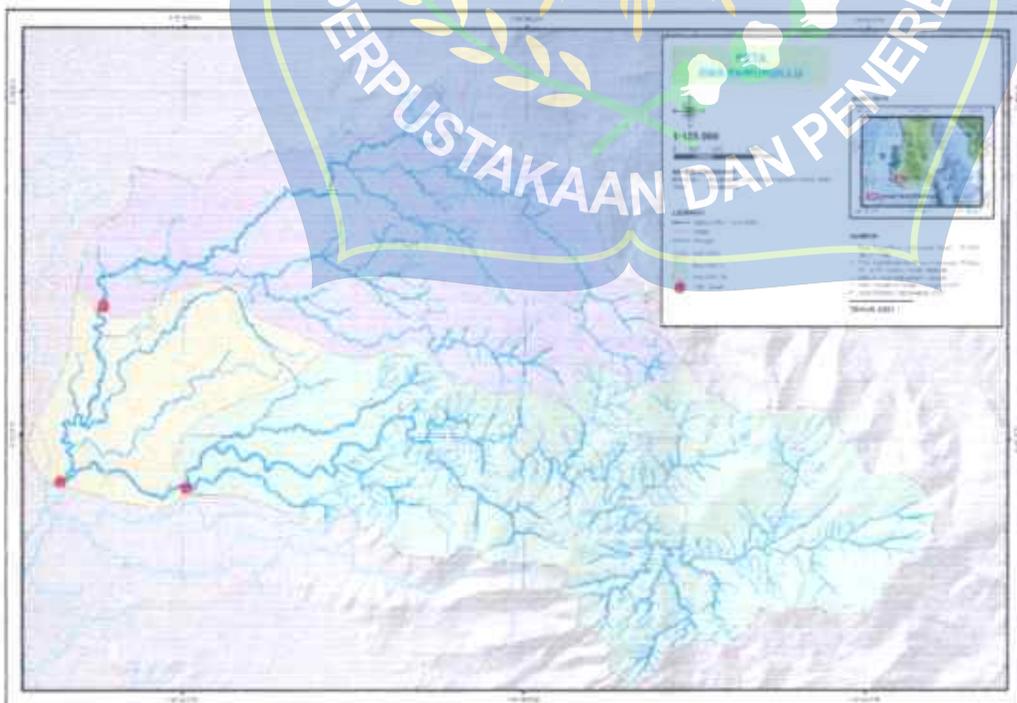


BAB III

METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Secara administratif lokasi penelitian berada di DAS Pamukkulu, Desa Kecamatan Polombakeng Utara Kabupaten Takalar. DAS Pamukkulu memiliki 3 stasiun penakar hujan yaitu stasiun Malolo, stasiun Takalar dan stasiun Pamukkulu. Secara geografis DAS Pamukkulu memiliki luas sebesar 395,87 Km², pada sub DAS Pamukkulu 1 memiliki luas sebesar 105,44 Km² yang terletak pada 5° 23' 47,29" Lintang Selatan dan 119° 34' 31,91" Bujur Timur.



Gambar 7. Peta Lokasi Penelitian

B. Sumber Data

Berdasarkan sumber data dari instansi terkait yaitu Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan Jeneberang Direktorat Jenderal Sumber Daya Air.

C. Tahap Penelitian

1. Pengumpulan data berupa data curah hujan, dan peta DAS Pamukkulu.
2. Menghitung besaran curah hujan harian maksimum dari stasiun penakar hujan
3. Menghitung intensitas hujan dari curah hujan maksimum kejadian pada stasiun penakar hujan.
4. Menentukan besaran nilai koefisien limpasan pada sub DAS Pamukkulu.
5. Menghitung estimasi debit puncak (Q_p) menggunakan metode Rasional.
6. Menganalisa TMA dan kurva lengkung debit dari persamaan model regresi berpangkat untuk mendapatkan debit aktual.
7. Menyusun kesimpulan untuk hasil akhir.

D. Metode Analisis

1. Menghitung besar nilai koefisien limpasan dengan menggunakan metode Cook, pada penentuan koefisien limpasan metode Cook ini

melakukan secara analisa kuantitatif yaitu analisa dari beberapa parameter-parameter karakteristik fisik DAS berupa topografi, infiltrasi tanah, vegetasi dan simpanan permukaan seperti yang terlihat pada Tabel (3). Setelah itu hasil analisa berdasarkan beberapa klasifikasi yang telah diperoleh melakukan perhitungan menggunakan rumus (2.7).

2. Menentukan curah hujan harian dan dicari dari beberapa kejadian di stasiun penakar hujan dari bulan Januari hingga Desember tahun 2018, selanjutnya menghitung intensitas hujan berdasarkan beberapa kejadian hujan yang telah ditentukan dengan menggunakan persamaan monobe (2.5), serta menghitung waktu konsentrasi persamaan Kirpich (2.6). Hasil perhitungan tersebut akan dibuatkan tabel data hujan dari beberapa kejadian hujan.
3. Menghitung debit puncak sub-DAS Pamukkulu dengan menggunakan metode rasional berdasarkan nilai-nilai intensitas hujan dari data hujan yang telah diperoleh dan nilai koefisien limpasan yang diperoleh dari metode Cook, dengan persamaan rumus (2.4), perhitungan ini akan dilakukan pada semua data hujan yang telah dihasilkan.
4. Menganalisis debit puncak aktual dari TMA dan debit aliran dari data yang diperoleh dengan menggunakan persamaan model regresi berpangkat untuk pembuatan kurva lengkung debit.

5. Menganalisis hasil estimasi debit puncak yang sudah diperoleh dengan melakukan perbandingan pada data debit puncak actual dari TMA dan Lengkung Debit, untuk melihat perbedaan selisih debit puncak dari data-data hasil penelitian.

E. Bagan Alur Penelitian



Gambar 8. Bagan Alur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Analisa Koefisien Limpasan

Untuk mendapatkan koefisien limpasan (C) di sub DAS Pamukullu 1, sesuai dengan parameter-parameter yang ada pada metode Cook yang mengembangkan metode empiris hubungan antara karakteristik lingkungan fisik DAS dan proses hidrologi, meliputi: fisiografi, faktor topografi/kemiringan lereng, faktor tanah/batuan, kapasitas infiltrasi, faktor vegetasi penutup, faktor simpanan permukaan/kerapatan aliran (drainase), maka dari itu dilakukan analisa sebagai berikut :

a) Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng dihasilkan dari data DEM (*Digital Elevation Model*), Kelas kemiringan lereng seperti terlihat pada Gambar 8 dan Tabel 4. Skor 10, 20, 30 dan 40 menunjukkan besar kecilnya pengaruh kemiringan lereng, semakin terjal lerengnya berarti akan mempunyai skor yang semakin besar pula yang akibatnya nilai koefisien limpasan permukaannya (C) juga akan semakin besar.

Tabel 4. Kemiringan Lereng Sub Das Pamukkulu

No	Kemiringan (%)	Topografi	Luas (Ha)	Skor
1	0 - 5	Datar	4221,22	10
2	5 - 10	Bergelombang	1575,50	20
3	10 - 30	Berbukit	3182,80	30
4	> 30	Curam	1564,31	40
Total			10543,83	

Hasil Analisa

b) Infiltrasi Tanah

Membuat peta jenis tanah yang didigitasi ulang dan data infiltrasi tanah didasarkan pada sifat dan tekstur tanah serta bentuk lahan dan tutupan lahannya diperoleh dari hasil analisa laboratorium (Resky Dan Hardyansyah 2021). Hasil infiltrasi pada daerah Sub Das Pamukkulu 1 dapat dilihat pada Tabel 5 dan Gambar 10.

Tabel 5. Jenis tanah Sub Das Pamukkulu 1

No	Kelas Tekstur	Klasifikasi Laju infiltrasi (Kohnke H 1986)	Luas (ha)	Skor
1	Pasir	6,5 - 12,5 (sedang cepat)	74,76	10
2	Lempung liat berpasir	6,5 - 12,5 (sedang cepat)	318,02	20
3	Liat berpasir	2 - 6,5 (sedang)	10151,05	20
Total			10543,83	

Sumber : Hasil analisa dan perolehan data analisa laboratorium (Resky Dan Hardyansyah 2021)

c) Penggunaan Lahan

Untuk mengetahui besarnya vegetasi penutup dilakukan dengan pendekatan penggunaan lahan yang ada dan dalam keperluan analisis maka harus dilakukan klasifikasi. Hasil Klasifikasi dan peta penggunaan lahan dapat dilihat pada Tabel 6 dan Gambar 11.

Tabel 6. Penggunaan Lahan Sub Das Pamukkulu

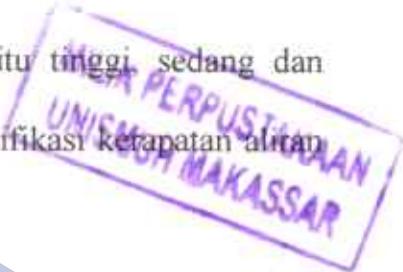
No	Penggunaan lahan	Luas (Ha)	Skor
1	Hutan	73,35	10
2	Kebun/perkebunan	244,67	10
3	Permukiman	74,76	20
4	Sawah	4998,05	15
5	Semak berliukar	2701,89	10
6	Tegalan ladang	2451,11	15
Total		10543,83	

Hasil Perhitungan

d) Simpanan Air Permukaan

Interpretasi simpanan air permukaan menggunakan pendekatan berdasarkan kerapatan aliran, karena kerapatan aliran dapat digunakan untuk menilai kondisi drainase setempat. Hasil klasifikasi simpanan air permukaan yang disesuaikan dengan klasifikasi Cook untuk mengetahui limpasan permukaan. Klasifikasi kerapatan aliran dilakukan dengan mempertimbangkan besarnya rasio antara panjang sungai dengan luas DAS. Berdasarkan hasil analisis kerapatan aliran

sub Das Pamukkulu 1 terdapat tiga kelas yaitu tinggi, sedang dan rendah Luas masing-masing kelas dan peta klasifikasi kerapatan aliran dapat dilihat pada Gambar 12 dan Tabel 7



Tabel 7. Klasifikasi Kerapatan Aliran Sub Das Pamukkulu 1

No	Klasifikasi Kerapatan Aliran	Luas (ha)	Skor
1	Tinggi	326,97	5
2	Sedang	4834,19	10
3	Rendah	5382,67	15
Total		10543,83	

Hasil Analisa

Setelah semua parameter didapatkan kemudian diberi skor sesuai dengan karakteristik bentuk lahan masing-masing menurut metode Cook. Untuk menghitung besarnya koefisien limpasan maka dilakukan perhitungan dengan memakai tabulasi yaitu dengan menjumlahkan koefisien limpasan untuk masing-masing bentuk lahan. Hasil koefisien limpasan permukaan dan untuk perhitungan dapat dilihat pada Tabel 8.

Rumus yang digunakan adalah ;

$$C_{1,2,n} = \frac{B_1.A_1 + B_2.A_2 + B_3.A_3 + B_4.A_4}{A}$$

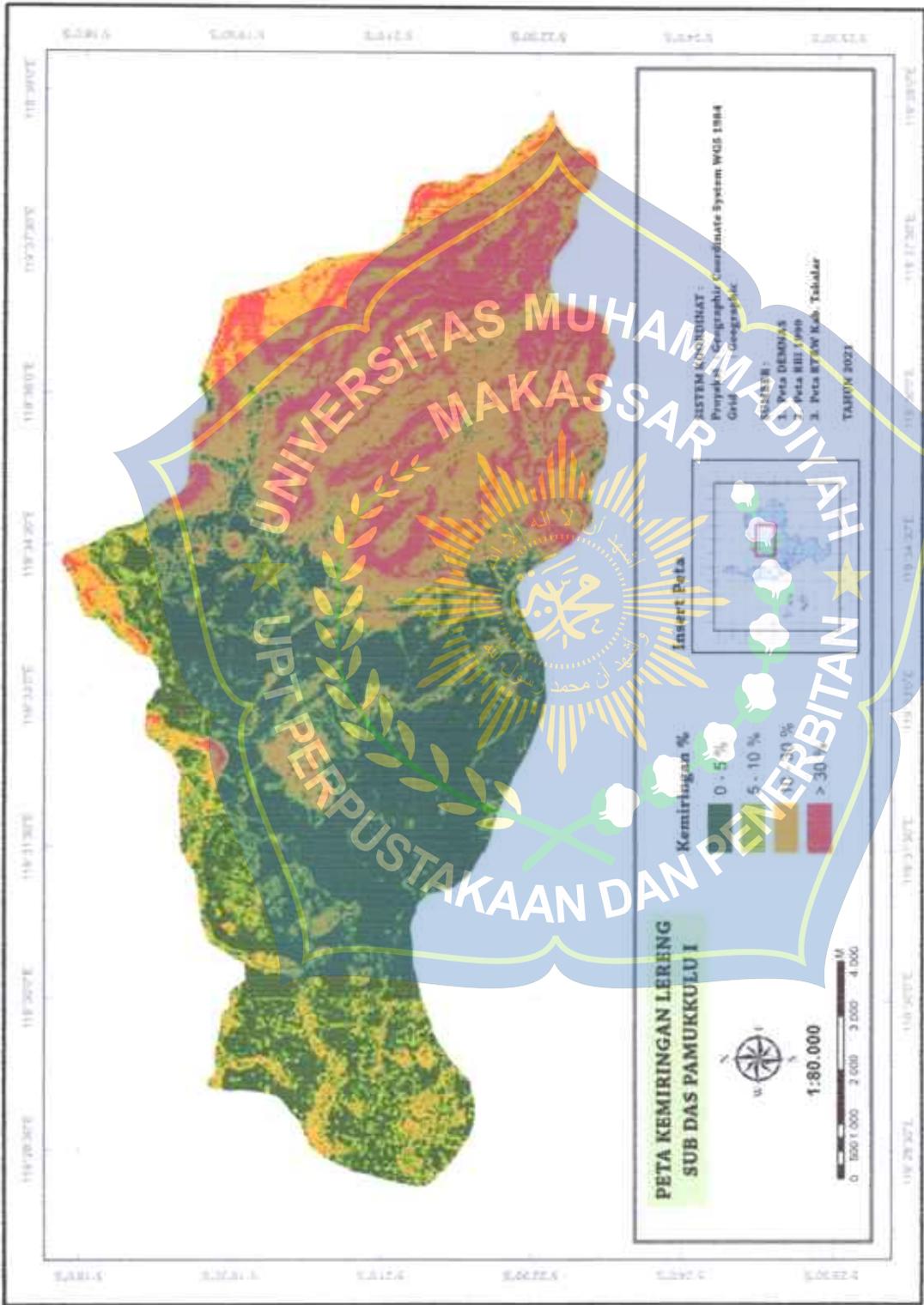
Dimana :

$C_{1,2,n}$ = Koefisien limpasan parameter

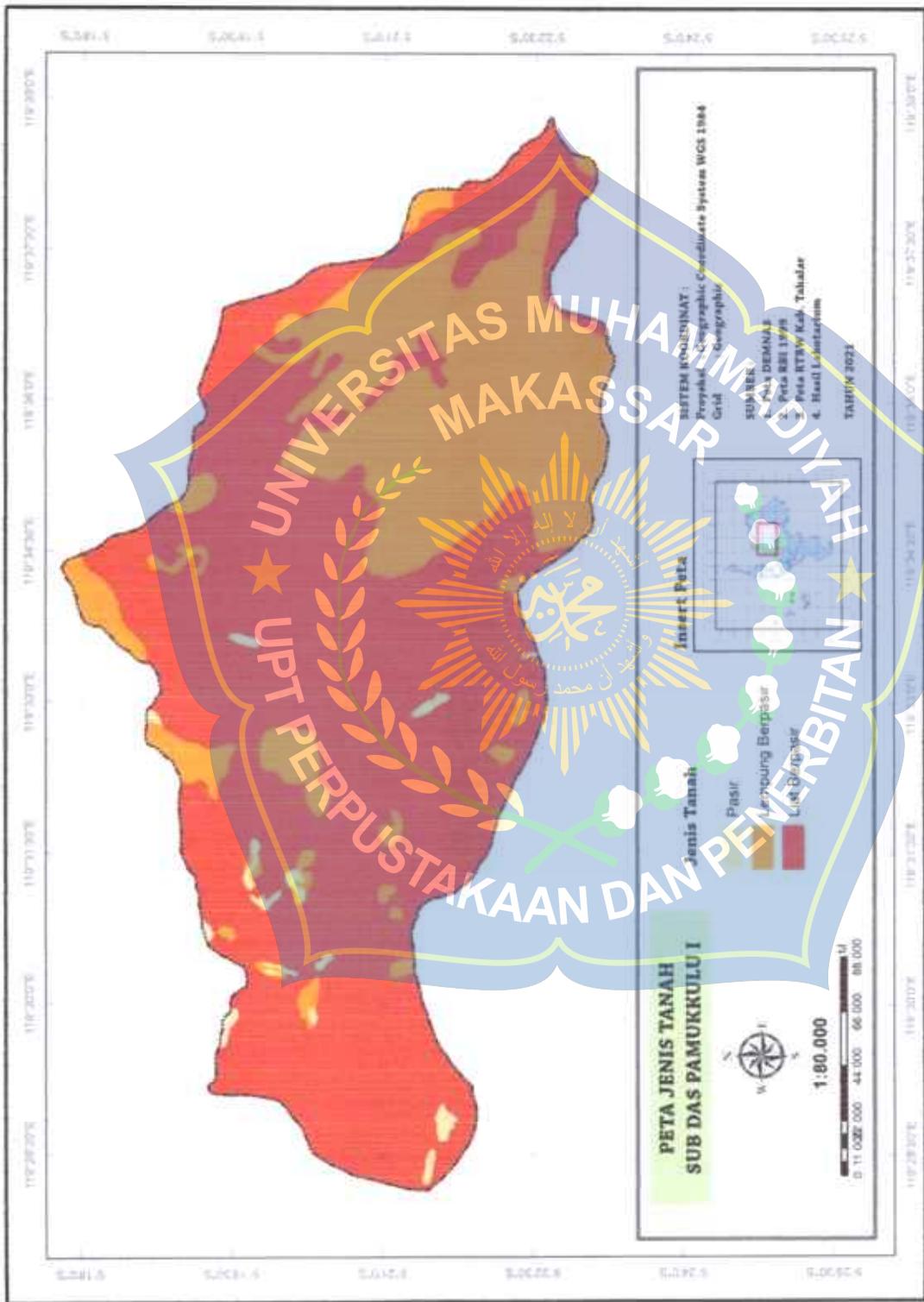
$B_{1,2,n}$ = Bobot atau skor

$A_{1,2,n}$ = Luas pias lahan

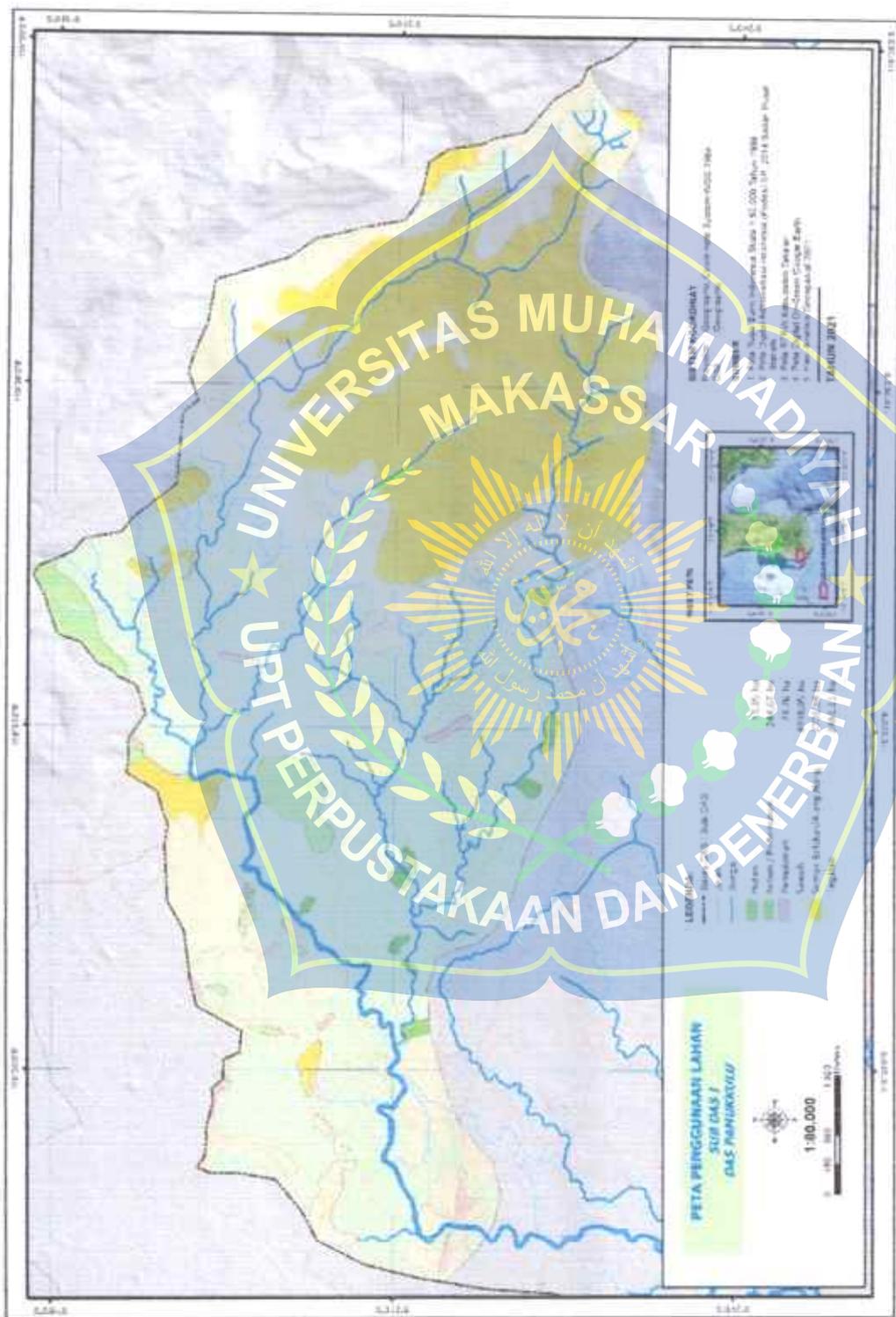
A = Luas Das



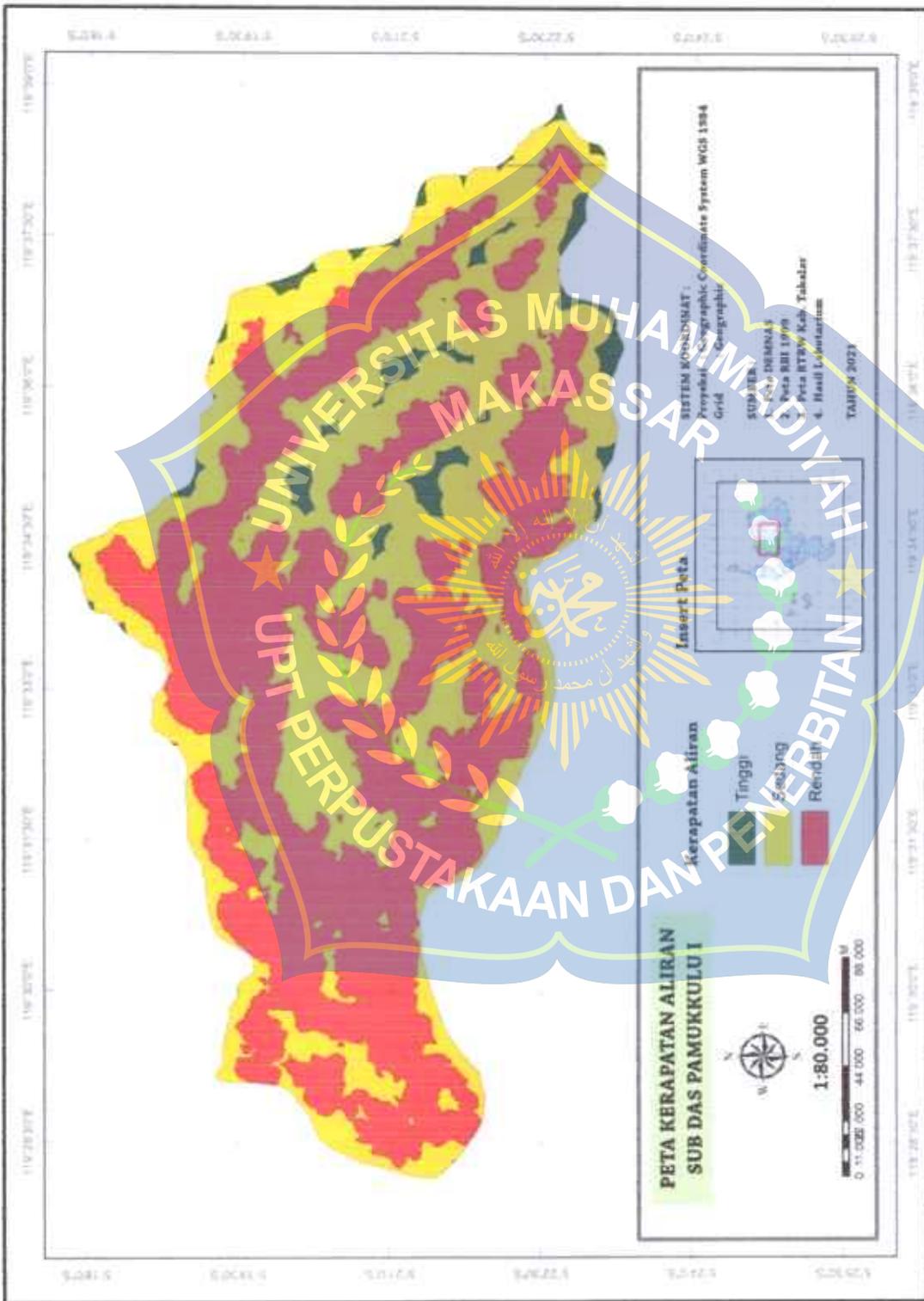
Gambar 9. Peta Kemiringan Lereng



Gambar 10. Peta Jenis Tanah



Gambar 11. Peta Penggunaan Lahan



Gambar 12. Peta Kerapatan Aliran

Tabel 8. Nilai Koefisien Limpasan Sub Das Pamukkulu I

No	Karakteristik Fisik DAS	Karakteristik yang menghasilkan aliran												Bobot x Luas (Ha)	Total Luas (Ha)	Nilai (C)
		Ekstrem		Tinggi		Sedang		Rendah		Rendah		A _{Total}				
		bobot	luas (Ha)	bobot	luas (Ha)	bobot	luas (Ha)	bobot	luas (Ha)	bobot	luas (Ha)					
		B1	A1	B2	A2	B3	A3	B4	A4							
1	Topografi	0,40	1564,31	0,30	3182,80	0,20	1575,50	0,10	4221,22					2317,79	10543,83	0,2198
2	Infiltrasi tanah	0,20	0,00	0,15	0,00	0,10	10469,07	0,05	74,76					1050,65	10543,83	0,0996
3	Vegetasi penutup	0,20	74,76	0,15	10151,05	0,10	318,02	0,05	0,00					1569,41	10543,83	0,1488
4	Simpangan permukaan	0,20	0,00	0,15	5382,67	0,10	4834,19	0,05	326,93					1307,17	10543,83	0,1240

Hasil Perhitungan

Langkah-langkah perhitungan koefisien limpasan metode Cook sebagai berikut :

$$C_{\text{Topografi}} = \frac{B1.A1 + B2.A2 + B3.A3 + B4.A4}{A} = \frac{0,40 \times 1564,31 + 0,30 \times 3182,80 + 0,20 \times 1575,50 + 0,10 \times 4221,22}{10543,83} = \frac{2317,79}{10543,83} = 0,2198$$

$$C_{\text{Infiltrasi}} = \frac{B1.A1 + B2.A2 + B3.A3 + B4.A4}{A} = \frac{0,20 \times 0,00 + 0,15 \times 0,00 + 0,10 \times 10469,07 + 0,05 \times 74,76}{10543,83} = \frac{1050,65}{10543,83} = 0,0996$$

$$C_{\text{Vegetasi}} = \frac{B1.A1 + B2.A2 + B3.A3 + B4.A4}{A} = \frac{0,20 \times 74,76 + 0,15 \times 10151,05 + 0,10 \times 318,02 + 0,05 \times 0,00}{10543,83} = \frac{1569,41}{10543,83} = 0,1488$$

$$C_{\text{Simpangan}} = \frac{B1.A1 + B2.A2 + B3.A3 + B4.A4}{A} = \frac{0,20 \times 0,00 + 0,15 \times 5382,67 + 0,10 \times 4834,19 + 0,05 \times 326,93}{10543,83} = \frac{1307,17}{10543,83} = 0,1117$$

$$C_{\text{Total}} = C_{\text{Topografi}} + C_{\text{Infiltrasi}} + C_{\text{Vegetasi}} + C_{\text{Simpangan}} = 0,2198 + 0,0996 + 0,1488 + 0,1117 = 0,59$$

2. Analisa Curah Hujan

Dari data curah hujan yang tercatat pada masing-masing stasiun pengamat hujan dilakukan analisa data. Data yang akan digunakan yaitu data curah hujan pada 3 stasiun curah hujan. Stasiun curah hujan Malolo, Takalar dan Pamukkulu. Curah hujan rata-rata wilayah dihitung dengan menggunakan metode Polygon Thiessen (rata-rata timbang), karena titik pengamatan hujan pada daerah penelitian tidak tersebar merata, maka perhitungan frekuensi curah hujan rata-rata dilakukan dengan mempertimbangkan daerah pengaruh setiap titik masing-masing stasiun curah hujan. Untuk analisa ini dipakai data curah hujan yang masing-masing stasiun curah hujan dipakai selama 10 tahun dimulai pada tahun 2010 sampai dengan tahun 2019. Total luasan dari ketiga stasiun curah hujan sebesar 395,87 km² yang pembagian luasan tiap stasiun dapat dilihat pada Tabel 9 dan Gambar 13.

Berdasarkan rumus metode Polygon Thiessen maka dapat dihitung frekuensi hujan daerah maksimum rata-rata untuk ketiga stasiun, yang selanjutnya disajikan pada tabel.

Untuk Koefisien Thiessen digunakan rumus seperti berikut :

$$C_i = \frac{A_i}{A_{total}}$$

$$C_i = \frac{184,82}{395,87} = 0,5$$

Dimana :

C_i = Nilai Koefisien Thiessen pada stasiun i

A_i = Luas catchment area pada stasiun i (km^2)

A_{total} = Luas catchment area total.

Tabel 9. Luas Pengaruh Setiap Stasiun Das Pamukkulu

Stasiun	Luas (A)	Koefisien Thiessen (C_i)
Malolo	184,82	0,5
Takalar	83,48	0,3
Pamukkulu	127,57	0,2
Total	395,87	1

Hasil Analisa

a) Curah Hujan Maksimum Rerata

Untuk menghitung curah hujan maksimum rata-rata dilakukan dengan memilih curah hujan setiap stasiun pada tahun yang sama dan untuk rata-rata thiessen dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$R = R_1.C_1 + R_2.C_2 + R_3.C_3$$

$$R = 139 \times 0,5 + 130 \times 0,2 + 117 \times 0,3$$

$$R = 130,60$$

Dimana :

R = Curah hujan rata-rata area (mm)

A_1, A_2, \dots = Luas daerah pengaruh dari setiap stasiun hujan
(km²)

R_1, R_2, \dots = Tinggi Curah hujan pada setiap stasiun hujan
(mm)

Hasil perhitungan selanjutnya di dapat pada tabel 10.

Tabel 10. Curah Hujan Maksimum Rerata Metode Polygon Thiessen

Tahun	Stasiun/Koef. Thiessen			CH Max Rata-Rata (mm)
	Malolo (0,5)	Pamukkulu (0,2)	Takalar (0,3)	
1	2	3	4	5
2010	139,0	130,0	117,0	130,60
2011	99,0	98,0	250,0	144,10
2012	112,0	95,0	155,0	121,50
2013	135,0	87,0	130,0	123,90
2014	116,0	121,0	141,0	124,50
2015	187,0	197,0	143,0	175,80
2016	131,0	156,0	110,0	129,70
2017	122,0	125,0	140,0	128,00
2018	188,0	121,0	127,0	156,30
2019	132,0	187,0	85,0	128,90
Jumlah				1363,30
Rata-Rata				136,33

Hasil Perhitungan

Keterangan ;

Kolom 1 s/d 4 : Diperoleh dari data

Kolom 5 : Curah hujan (R) x Koef. Thiessen (Ci)

b) Intensitas Hujan

Perhitungan intensitas hujan, waktu konsentrasi dengan penggunaan data hasil curah hujan maksimum rerata tahunan yang terdapat pada Tabel 10.

Langkah - langkah perhitungan ;

Perhitungan waktu konsentrasi rumus Kirpich:

Diketahui: $L = 13,48 \text{ km}^2$

$$S = 0,06$$

$$t_c = \left[\frac{0,87 \times L}{1000 \times S} \right]^{0,385}$$

$$t_c = \left[\frac{0,87 \times 13,48}{1000 \times 0,06} \right]^{0,385}$$

$$t_c = 1,59 \text{ jam}$$

Perhitungan intensitas hujan rumus Mononobe, Untuk tahun 2010 ;

Diketahui: $R_{24} = 130,60 \text{ mm}$

$$T_c = 1,59 \text{ jam}$$

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

$$= \frac{130,60}{24} \times \left(\frac{24}{1,59} \right)^{2/3}$$

$$= 33,54 \text{ mm/jam}$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 11. Perhitungan Intensitas Hujan

Tahun	R	Tc	I
	(mm)	(jam)	(mm/jam)
2010	130,60	1,59	33,54
2011	144,10		37,00
2012	121,50		31,20
2013	123,90		31,82
2014	124,50		31,97
2015	175,80		45,15
2016	129,70		33,31
2017	128,00		32,87
2018	156,30		40,14
2019	128,90		33,10

Hasil Perhitungan

3. Debit Puncak

a) Analisa Debit Puncak Metode Rasional

Untuk menghitung debit puncak menggunakan metode Rasional diperlukan koefisien limpasan dan intensitas hujan dengan data curah hujan maksimum rerata tahunan dan lama waktu hujan sama dengan waktu konsentrasi.

Langkah perhitungan ;

Perhitungan debit puncak metode rasional, untuk tahun 2010 ;

Diketahui: $C = 0,59$

$I = 33,54 \text{ mm/jam}$

$A = 105,44 \text{ km}^2$

$$\begin{aligned}
 Q_p &= 0,278 \times C \times I \times A \\
 &= 0,278 \times 0,59 \times 22,53 \times 105,44 \\
 &= 389,57 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan debit puncak selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil Estimasi Debit Puncak Metode Rasional

Tahun	I (mm/jam)	C	A (km ²)	Qp (m ³ /dtk)
2010	33,54	0,59	105,44	580,02
2011	37,00			639,97
2012	31,20			539,60
2013	31,82			550,26
2014	31,97			552,92
2015	45,15			780,76
2016	33,31			576,02
2017	32,87			568,47
2018	40,14			694,15
2019	33,10			572,47

Hasil Perhitungan

b) Analisa Debit Puncak Aktual

Analisis debit puncak pada persamaan ini, menggunakan persamaan model regresi berpangkat untuk pembuatan kurva lengkung debit dari data tinggi muka air dan debit dalam tiap tahun yang diperoleh dari Balai Pengelola Das dapat dilihat pada Tabel 13. Adapun langkah-langkah dalam pembuatan lengkung debit sebagai berikut :

Tabel 13. Persamaan model regresi berpangkat

No	Tanggal	H	Q	Log X =	Log Y =	Q - \bar{Q}	P - \bar{P}	(Q - \bar{Q}) ²	(P - \bar{P}) ²	PR x QR
				Q	P					9 * 10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	13/01/2010	4,44	226,40	0,65	2,35	0,10	0,31	0,01	0,09	0,03
2	14/01/2010	2,95	99,40	0,47	2,00	-0,08	-0,05	0,01	0,00	0,00
3	17/01/2010	2,93	95,09	0,47	1,98	-0,08	-0,07	0,01	0,00	0,01
4	28/12/2010	3,96	175,96	0,60	2,25	0,05	0,20	0,00	0,04	0,01
5	29/12/2010	3,65	152,50	0,56	2,18	0,01	0,15	0,00	0,02	0,00
6	03/11/2021	2,93	100,10	0,47	2,00	-0,08	-0,05	0,01	0,00	0,00
7	02/11/2021	2,75	116,40	0,44	2,07	-0,11	0,02	0,01	0,00	0,00
8	12/01/2011	4,12	248,05	0,61	2,39	0,07	0,35	0,00	0,12	0,02
9	02/03/2011	4,07	181,27	0,61	2,26	0,06	0,21	0,00	0,04	0,01
10	27/03/2011	3,34	109,11	0,52	2,04	-0,03	-0,01	0,00	0,00	0,00
11	02/04/2011	3,55	123,56	0,55	2,09	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00
12	03/04/2011	5,07	278,15	0,71	2,44	0,16	0,40	0,02	0,16	0,06
13	23/12/2013	3,29	103,61	0,52	2,02	-0,03	-0,03	0,00	0,00	0,00
14	24/12/2013	4,27	191,58	0,63	2,28	0,08	0,23	0,01	0,08	0,02
15	25/12/2013	5,60	361,52	0,75	2,56	0,20	0,51	0,04	0,26	0,10
16	26/12/2013	4,40	213,84	0,64	2,33	0,09	0,28	0,01	0,08	0,03
17	27/12/2013	3,29	106,54	0,52	2,03	-0,03	-0,02	0,00	0,00	0,00
18	16/01/2014	3,33	61,89	0,52	1,79	-0,03	-0,25	0,00	0,07	0,01
19	17/01/2014	3,18	57,10	0,50	1,76	-0,05	-0,29	0,00	0,09	0,01
20	20/01/2014	3,36	62,15	0,53	1,79	-0,02	-0,25	0,00	0,06	0,01
21	21/01/2014	3,23	59,07	0,51	1,77	-0,04	-0,28	0,00	0,08	0,01
22	07/12/2014	3,36	86,50	0,53	1,94	-0,02	-0,11	0,00	0,01	0,00
23	08/12/2014	3,20	90,44	0,51	1,96	-0,04	-0,09	0,00	0,01	0,00
24	09/12/2014	3,17	81,32	0,50	1,91	-0,05	-0,14	0,00	0,02	0,01
25	03/01/2015	3,22	88,30	0,51	1,95	-0,04	-0,10	0,00	0,01	0,00
26	04/01/2015	4,64	164,70	0,67	2,22	0,12	0,17	0,01	0,03	0,02
27	05/01/2015	5,70	237,72	0,76	2,38	0,21	0,33	0,04	0,11	0,07
28	06/01/2015	6,50	302,18	0,81	2,48	0,26	0,43	0,07	0,19	0,11
29	07/01/2015	4,50	169,48	0,65	2,23	0,10	0,18	0,01	0,03	0,02
30	23/01/2015	3,07	82,82	0,49	1,92	-0,06	-0,13	0,00	0,02	0,01
31	18/12/2015	5,90	244,19	0,77	2,39	0,22	0,34	0,05	0,12	0,08
32	26/02/2016	2,08	34,00	0,32	1,53	-0,23	-0,52	0,05	0,27	0,12

Lanjutan Tabel 13.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
33	27/02/2016	2,39	43,95	0,38	1,64	-0,17	-0,41	0,03	0,16	0,07
34	03/04/2016	2,18	40,16	0,34	1,60	-0,21	-0,44	0,04	0,20	0,09
35	09/04/2016	1,99	34,88	0,30	1,54	-0,25	-0,51	0,06	0,26	0,13
36	24/10/2016	1,85	44,29	0,27	1,65	-0,28	-0,40	0,08	0,16	0,11
37	19/01/2017	2,93	81,03	0,47	1,91	-0,08	-0,14	0,01	0,02	0,01
38	26/01/2017	4,09	146,10	0,61	2,16	0,06	0,12	0,00	0,01	0,01
39	19/12/2017	4,39	154,11	0,64	2,19	0,09	0,14	0,01	0,02	0,01
40	20/12/2017	5,11	203,42	0,71	2,31	0,16	0,26	0,03	0,07	0,04
41	21/12/2017	3,72	122,53	0,57	2,09	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00
42	14/02/2018	4,47	161,75	0,65	2,21	0,10	0,16	0,01	0,03	0,02
43	15/02/2018	4,57	155,59	0,66	2,19	0,11	0,19	0,01	0,02	0,02
44	16/02/2018	3,77	123,06	0,58	2,09	0,03	0,04	0,00	0,00	0,00
45	17/02/2018	2,47	52,83	0,39	1,72	-0,16	-0,33	0,02	0,11	0,05
46	14/03/2018	3,08	75,25	0,49	1,88	-0,06	-0,17	0,00	0,03	0,01
47	22/03/2018	3,00	65,71	0,48	1,82	-0,07	-0,23	0,01	0,05	0,02
Jumlah				25,803	96,269	0,000	0,000	0,706	3,115	1,365
Rata - Rata				0,549	2,048					

Sumber : Hasil Perhitungan dan Perolehan Data

Dari tabel perhitungan, maka dapat dihitung :

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})(Q_i - \bar{Q})}{[\sum_{i=1}^n \{(P_i - \bar{P})^2\} \sum_{i=1}^n \{(Q_i - \bar{Q})^2\}]^{0,5}}$$

$$R = \frac{1,365}{[(3,115)(0,706)]^{0,5}} = 0,92$$

$$R^2 = 0,847$$

Deviasi standar dari nilai P:

$$\sigma_p = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}{n - 1} \right]^{0,5}$$

$$\sigma_p = \left[\frac{3,115}{46} \right]^{0,5} = 0,2602$$

Deviasi standar dari nilai Q :

$$\sigma_q = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2}{n - 1} \right]^{0,5}$$

$$\sigma_q = \left[\frac{0,706}{46} \right]^{0,5} = 0,1239$$

Perbandingan nilai Residu

$$\frac{\sigma_p}{\sigma_q} = \left(\frac{0,2602}{0,1239} \right) = 2,0997$$

Kemiringan garis regresi :

$$A = R \left(\frac{\sigma_p}{\sigma_q} \right)$$

$$A = 0,92 (2,0997) = 1,9329$$

Sehingga persamaan regresinya adalah :

$$\hat{P} = \bar{P} + R \left(\frac{\sigma_p}{\sigma_q} \right) (q - \bar{q})$$

$$\hat{P} = 2,048 + 1,9329 (q - 0,563)$$

$$\hat{P} = 1,9329q + 2,597$$

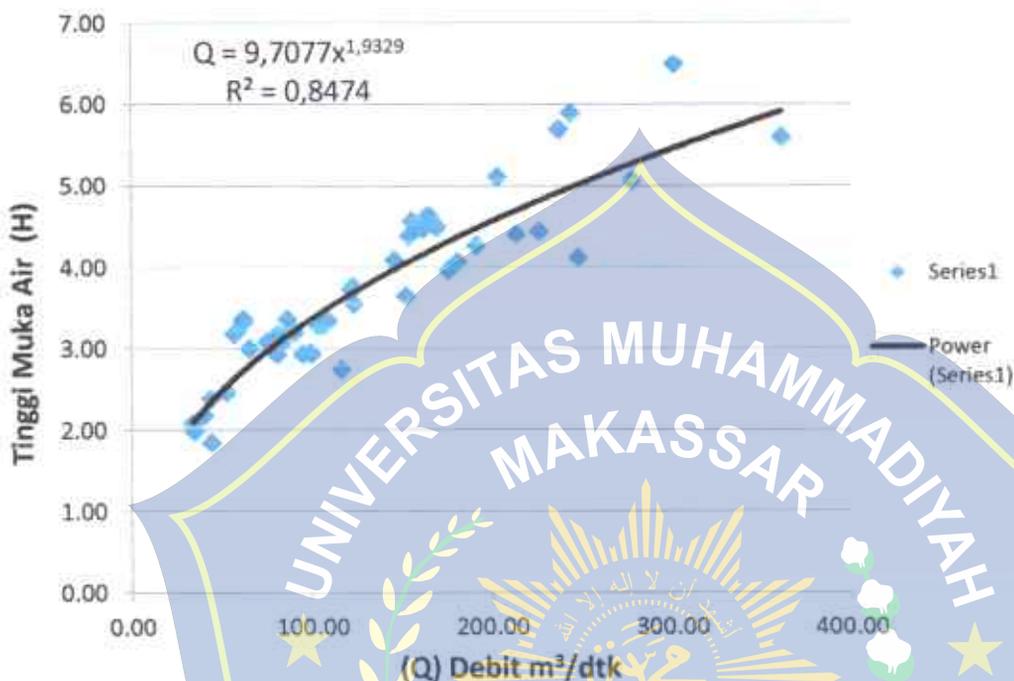
Maka ;

$$\widehat{\text{Log}Y} = 2,597q + 1,9329$$

Dan persamaan regresi berpangkatnya ;

$$\hat{Y} = b X^a$$

$$\hat{Y} = 9,7077 X^{1,9329}$$



Gambar 14. Kurva Lengkung Debit

Adapun persamaan lengkung debit yang didapatkan adalah ;

$$Q = 9,7077(H)^{1,9329}$$

Perhitungan debit dengan persamaan kurva lengkung debit, untuk TMA max. bulan Januari 2010 ;

$$\begin{aligned} Q &= 9,7077 (H)^{1,9329} \\ &= 9,7077 (4,4)^{1,9329} \\ &= 173,16 \text{ m}^3/\text{dtk} \end{aligned}$$

Untuk TMA dapat dilihat pada Tabel 14 dan Hasil perhitungan debit dengan persamaan lengkung debit dapat di lihat pada Tabel 15.

Tabel 14. Tinggi Muka Air Max. Perbulan Dari Tahun 2010 -2019

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
2010	4,44	1,44	2,00	2,27	1,68	1,70	2,10	1,34	2,74	1,32	2,93	3,96
2011	4,12	2,91	4,07	5,07	1,41	1,23	0,65	0,55	0,34	1,32	1,79	2,92
2012	3,80	1,99	3,23	1,96	1,61	1,80	1,13	0,70	0,59	0,59	0,84	1,95
2013	2,50	2,48	1,35	2,53	1,63	1,80	1,50	0,76	0,74	1,08	0,77	5,60
2014	3,36	1,79	1,71	2,11	1,16	1,62	0,64	0,74	0,76	0,79	0,87	3,36
2015	6,50	2,92	1,95	2,36	0,86	0,74	0,54	0,39	0,64	0,73	1,07	5,90
2016	1,71	2,39	1,66	2,18	1,40	1,01	0,77	0,67	0,55	1,85	1,33	1,54
2017	4,09	1,93	1,52	1,60	0,86	0,73	0,60	0,54	0,25	0,31	0,63	5,11
2018	2,24	4,57	3,08	1,14	0,67	1,53	0,78	0,50	0,46	0,66	0,64	0,74
2019	6,25	1,38	1,77	0,77	0,78	0,89	0,85	0,79	0,58	0,23	0,23	0,71

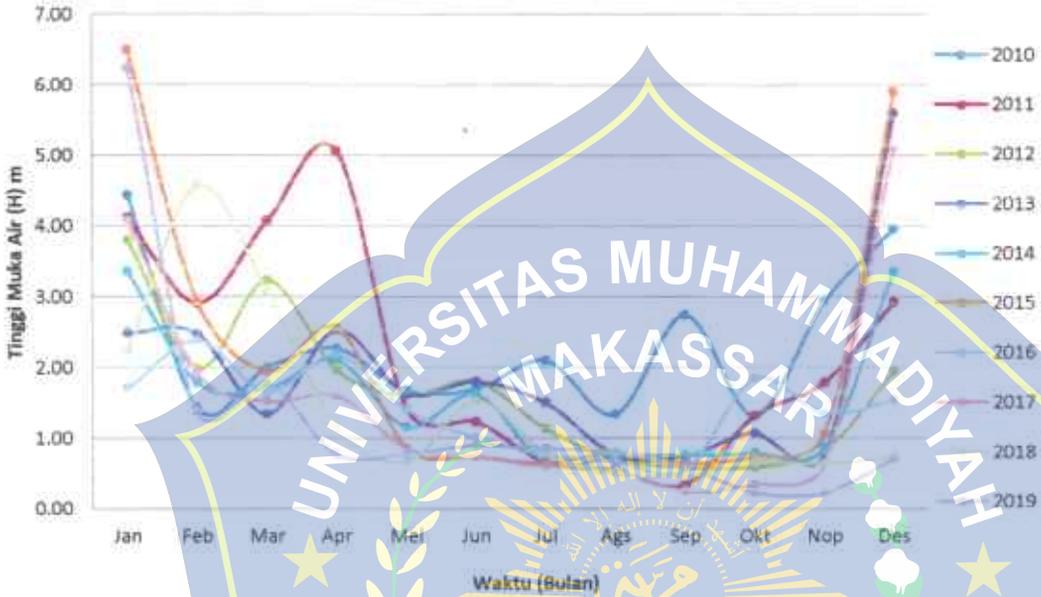
Sumber : BBWS Pompengan Jeneberang

Tabel 15. Besaran Debit (m^3/dtk) Dari TMA Max. Persamaan Lengkung Debit Tahun 2010 -2019

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
2010	173,16	19,64	37,07	47,35	26,46	27,07	40,73	17,09	68,12	16,60	77,54	138,80
2011	149,85	76,52	146,35	223,78	18,86	14,48	4,22	3,06	1,21	16,60	29,91	77,03
2012	128,17	36,71	93,62	35,65	24,37	30,24	12,29	4,87	3,50	3,50	6,93	35,30
2013	57,06	56,18	17,34	58,39	24,96	30,24	21,26	5,71	5,42	11,26	5,86	271,20
2014	101,04	29,91	27,38	41,11	12,93	24,67	4,10	5,42	5,71	6,16	7,42	101,04
2015	361,74	77,03	35,30	59,73	7,25	5,42	4,10	6,16	4,10	5,42	11,06	299,98
2016	27,38	52,30	25,86	43,78	18,60	9,90	5,86	4,48	3,06	31,88	17,34	22,37
2017	147,75	34,60	21,81	24,08	7,25	5,28	3,62	2,95	0,67	1,21	4,22	227,21
2018	46,14	183,09	85,40	12,51	4,48	22,09	6,01	2,54	2,16	4,35	4,10	5,42
2019	335,33	18,18	29,38	5,81	6,06	7,81	7,09	6,21	3,42	0,58	0,55	4,96

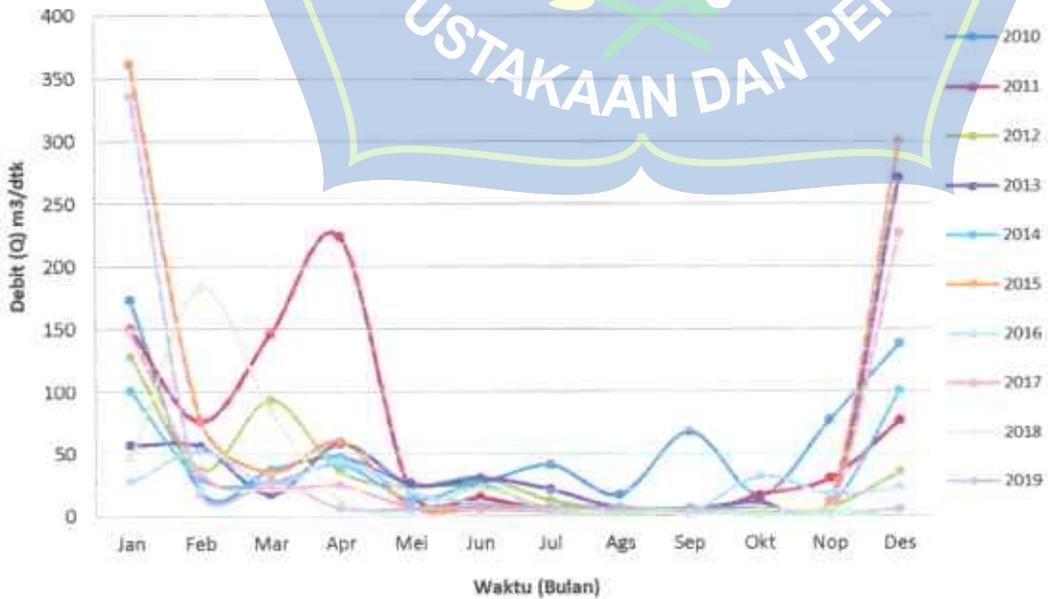
Hasil Perhitungan

Hidrograf Tinggi Muka Air
Tahun 2010 - 2019



Gambar 15. Hidrograf Tinggi Muka Air

Hidrograf Banjir Persamaan Lengkung Debit
Tahun 2010 - 2019



Gambar 16. Hidrograf Banjir Persamaan Lengkung Debit

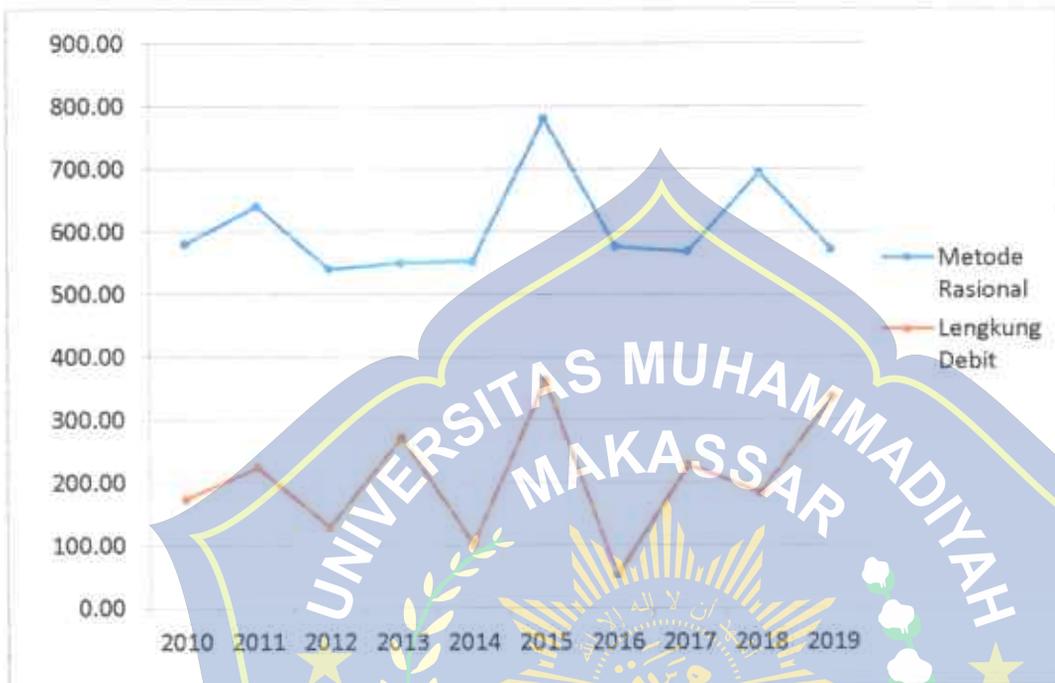
Tabel 16. Debit Puncak Aktual dari tahun 2010 - 2019

Tahun	TMA Max.	Qp
	(m)	(m ³ /dtk)
2010	4,44	173,16
2011	5,07	223,78
2012	3,80	128,17
2013	5,60	271,20
2014	3,36	101,04
2015	6,50	361,74
2016	2,39	52,30
2017	5,11	227,21
2018	4,57	183,09
2019	6,25	335,33

Sumber : Hasil Perhitungan dan Perolehan Data

c) Perbandingan Estimasi Debit Puncak Dengan Debit Puncak Aktual

Estimasi debit puncak dihitung dengan menggunakan metode Rasional berdasarkan nilai koefisien limpasan yang sudah diperoleh sebelumnya. Hasil estimasi debit puncak kemudian dibandingkan dengan debit puncak aktual yang telah dikalibrasi dengan persamaan kurva lengkung debit seperti yang terlihat pada grafik berikut :



Gambar 17. Grafik Hasil Perbandingan Estimasi Debit Puncak Dengan Debit Puncak Aktual

Tabel 15. Selisih Estimasi Debit Dengan Puncak Debit Aktual

Tahun	Q_p est	Q_p aktual	Selisih	Ket.
	(m ³ /dtk)	(m ³ /dtk)	(m ³ /dtk)	
2010	580,02	173,16	406,86	(+) Under Estimate (-) Over Estimate
2011	639,97	223,78	416,19	
2012	539,60	128,17	411,43	
2013	550,26	271,20	279,06	
2014	552,92	101,04	451,89	
2015	780,76	361,74	419,02	
2016	576,02	52,30	523,72	
2017	568,47	227,21	341,26	
2018	694,15	183,09	511,06	
2019	572,47	335,33	237,14	
Selisih rata - rata			399,76	

Hasil Perhitungan

B. Pembahasan

Hasil analisis koefisien limpasan dengan menggunakan metode Cook sesuai parameter-parameter karakteristik fisik DAS menunjukkan bahwa nilai C yang diperoleh adalah 0,59 artinya bahwa 59 % air hujan yang jatuh pada objek penelitian akan menjadi limpasan permukaan, limpasan permukaan tertinggi ada pada kemiringan lereng yakni 0,2198 atau 21,98 % air hujan dan limpasan permukaan terendah ada pada infiltrasi tanah yakni 0,0996 atau 9,96 % air hujan.

Berdasarkan hasil perhitungan perbandingan estimasi debit puncak dari nilai koefisien limpasan dengan debit puncak aktual dari data debit maksimum melalau tinggi muka air dan persamaan lengkung debit selama 10 tahun dari tahun 2010 hingga 2019 yang terbesar menurut metode Rasional terjadi pada tahun 2015 yakni sebesar $780,76 \text{ m}^3/\text{dtk}$ sedangkan persamaan lengkung debit untuk tahun yang sama sebesar $361,74 \text{ m}^3/\text{dtk}$. Untuk debit puncak yang paling kecil selama 10 tahun, pada metode Rasional terjadi pada tahun 2012 sebesar $539,60 \text{ m}^3/\text{dtk}$ sedangkan pada persamaan kurva debit untuk tahun yang berbeda pada tahun 2016 sebesar $52,30 \text{ m}^3/\text{dtk}$.

Kenaikan nilai estimasi debit puncak sangat dipengaruhi oleh nilai dari koefisien limpasan. Dari hasil analisa bahwa koefisien limpasan dan debit puncak memiliki hubungan yang linier dimana koefisien limpasan mengalami kenaikan maka estimasi debit pun akan mengalami kenaikan.

Berdasarkan variabel pada koefisien limpasan, nilai kemiringan lereng, infiltrasi tanah dan kerapatan aliran merupakan variabel yang bersifat statis atau tidak mengalami perubahan yang signifikan dalam jangka waktu tertentu. Sementara itu variabel penutup lahan merupakan variabel yang bersifat dinamis. Hal ini dikarenakan penutup lahan merupakan variabel yang mudah untuk berubah.

Untuk memperjelas hasil perbandingan estimasi debit puncak dengan debit puncak aktual maka dilakukan perhitungan selisih rata-rata. Hasilnya, estimasi debit puncak dengan koefisien limpasan metode Cook. Selisih debit puncak memiliki nilai *under estimate* yang besar pada semua kejadian hujan. Metode Rasional tidak dapat digunakan untuk menerangkan hubungan curah hujan terhadap debit dalam bentuk hidrograf. Semakin tinggi curah hujan yang terjadi maka semakin besar debit yang dihasilkan dan semakin rendah curah hujan maka semakin kecil debit yang dihasilkan. Hal tersebut kurang sesuai dengan hasil estimasi debit puncak dan kondisi di lapangan bahwa curah hujan yang tinggi belum tentu menghasilkan debit puncak yang tinggi karena dipengaruhi oleh faktor fisik dan biologi DAS seperti kelembaban tanah akibat kejadian hujan sebelumnya.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Koefisien limpasan yang diperoleh adalah 0,59 dari hasil tabulasi parameter-parameter metode Cook, koefisien limpasan tertinggi ada pada kemiringan lereng yakni 0,2198 dan terendah ada pada infiltrasi tanah yakni 0,0996.
2. Debit puncak sub DAS Pamukkulu sangat dipengaruhi oleh nilai dari koefisien limpasan, koefisien limpasan yang diperoleh ialah 0,59 artinya bahwa 59 % air hujan yang jatuh akan menjadi limpasan permukaan. Dari hasil yang tersebut terlihat bahwa koefisien limpasan dan debit puncak memiliki hubungan yang linier dimana koefisien limpasan mengalami kenaikan maka estimasi debit pun akan mengalami kenaikan.
3. Perbandingan estimasi debit puncak dengan debit puncak aktual untuk metode Rasional tertinggi sebesar $780,76 \text{ m}^3/\text{dtk}$ tahun 2015 sedangkan terendah $539,60 \text{ m}^3/\text{dtk}$ tahun 2012, dan untuk persamaan lengkung debit tertinggi sebesar $361,74 \text{ m}^3/\text{dtk}$ tahun 2015, sedangkan terendah $52,30 \text{ m}^3/\text{dtk}$ tahun 2016.
4. Estimasi debit puncak dengan koefisien limpasan Cook memiliki selisih rata-rata dengan debit puncak aktual sebesar $399,76 \text{ m}^3/\text{dtk}$,

Perbedaan nilai Q_p hasil estimasi dengan Q_p aktual terjadi karena metode Rasional bersifat linier terhadap kejadian hujan, sedangkan debit puncak aktual yang berasal dari hidrograf debit dipengaruhi oleh kadar air dalam tanah dan kejadian hujan berurutan.

B. Saran

1. Diharapkan penelitian selanjutnya menggunakan perbandingan metode terhadap koefisien limpasan dalam mengestimasi debit puncak.
2. Diperlukan ketelitian dalam hal penjagaan dan pemeliharaan, pengamatan pos ukur tinggi muka air oleh instansi terkait, untuk mendapatkan penyajian data yang baik guna menganalisis debit puncak/banjir karna jika tidak ditangani secara serius maka akan jadi suatu masalah terkait dengan potensi terjadinya banjir.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. 2010. *Konservasi Tanah dan Air*. Edisi Kedua. Bogor : IPB Press.
- Asdak, C. 2014. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Chow, V.T. 1988. *Applied Hydrology*. New York : Mc Graw-Hill Book Company
- Gafuri, R., Ridwan, I., & Nurlina, N. 2016. Analisis Limpasan Permukaan (Runoff) Pada Sub-Sub Das Riam Kiwa Menggunakan Metode Cook. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 13(1), 89-100.
- Indriatmoko, R. H., & Wibowo, V. E. 2007. Aplikasi sistem informasi geografi untuk penghitungan koefisien aliran Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciliwung. *Jurnal Air Indonesia*, 3(2).
- Loebis, J. 1992. *Banjir Rencana untuk Bangunan Air*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Nganro, S., Trisutomo, S., Barkey, R. A., & Ali, M. 2019. Analisis Koefisien Limpasan Permukaan Kota Makassar dengan Metode Cook. *TATALOKA*, 21(2), 285-292.
- Rezky, S. S., Hadryansyah, S. 2021. Laju Infiltrasi Pada Sempadan Sungai Pappa Kabupaten Takalar, Makassar. *Skripsi Universitas Muhammadiyah Makassar*.
- Samaawa, A., & Hadi, M. P. 2016. Estimasi Debit Puncak Berdasarkan Beberapa Metode Penentuan Koefisien Limpasan di Sub DAS Kedung Gong, Kabupaten Kulonprogo, Yogyakarta. *Jurnal Bumi Indonesia*, 5(1).
- Soemarto. 1990. *Hidrologi Teknik*. Surabaya : Usaha Nasional.
- Soewarno, 1995, *Hidrologi, Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*, Jilid 1. Bandung : Penerbit Nova.

Soewarno, 1995, Hidrologi, Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data, Jilid 2. Bandung : Penerbit Nova.

Sosrodarsono, S. dan K. Takeda. 1987. Hidrologi untuk Pengairan. Jakarta.

Subarkah, I. 1980. Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air. Bandung : Idea Dharma.

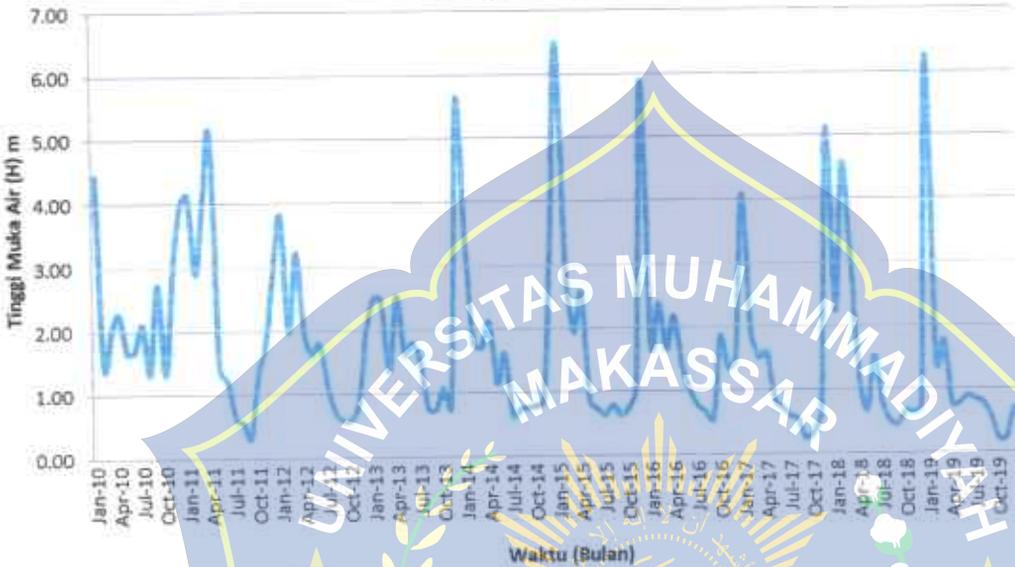
Suripin. 2004. Pelestarian Sumberdaya Tanah dan Air. Yogyakarta : Penerbit ANDI.

Triatmodjo, B. 2010. Hidrologi Terapan. Yogyakarta : Beta Offset Yogyakarta.

Wahyuningrum, N., & Pramono, I. B. 2007. Aplikasi Sistem Informasi Geografis Untuk Perhitungan Koefisien Aliran Permukaan di Sub DAS Ngunut I, Jawa Tengah. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 4(6), 561-571.



Hidrograf Tinggi Muka Air
Tahun 2010 - 2019



Hidrograf Aliran Persamaan Lengkung Debit
Tahun 2010 - 2019

