

SKRIPSI

STUDI KONDISI VEGETASI *CATCHMENT AREA*
DAS SIWA DAN DAMPAKNYA TERHADAP
PARAMETER HIDROLOGI



ILHAM DWI CAHYA
105 81 11017 18

KHAERUL KURNIAWAN R
105 81 11032 18

PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2024/2025



FAKULTAS TEKNIK

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ PENGESAHAN

Skripsi atas nama Ilham Dwi Cahya dengan nomor induk Mahasiswa 105811101718 dan Khaerul Kurniawan Rahman dengan nomor induk Mahasiswa 105811103218, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0007/SK-Y/22202/091004/2025, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Kamis, 10 Juli 2025.

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

Makassar, 14 Muharram 1447 H
40 Juli 2025 M

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

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

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, ST., MT., ASEAN Eng

2. Penguji

a. Ketua : Dr. Ir. H. Riswal K, ST., MT., IPM., Asean Eng

b. Sekertaris : Kasmawati, ST., MT

3. Anggota

1. Ir. M. Agusalm, ST., MT

2. Dr. Marupah, SP., MP

3. Indriyanti, ST., MT

Mengetahui

Pembimbing I

Pembimbing II

Prof. Dr. Ir. H. Darwis Panguriseng, M.Sc

Dr. Ir. Muhammad Yunus Ali, ST., MT., IPM

Dekan

Ir. Muhammad Syafa'at S Kuba, ST., MT.

NBM : 975 288

Gedung Menara Iqra Lantai 3

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

Web: <https://teknik.unismuh.ac.id/>, e-mail: teknik@unismuh.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 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **STUDI KONDISI VEGETASI CATCHMENT AREA DAS SIWA DAN DAMPAKNYA TERHADAP PARAMETER HIDROLOGI**

Nama : 1. ILHAM DWI CAHYA
2. KHAERUL KURNIAWAN RAHMAN

Stambuk : 1. 105811101718
2. 105811103218

Makassar, 17 September 2025

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Pembimbing II

Prof. Dr. Ir. H. Darwis Panguriseng, M.Sc

Dr. Ir. Mub. Yunus Ali, ST., MT., IPM

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Pengairan



Ir. M. Agus Salim, ST., MT.

NBM : 947 993



KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-Nyalah sehingga dapat menyusun tugas akhir yang berjudul “Studi Kondisi *Catchment Area* DAS Siwa Dan Dampaknya Terhadap Parameter Hidrologi”.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa di dalam penulisan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan-kekurangan, hal ini di sebabkan karna penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan. Oleh karna itu, penulis menerima dengan sangat ikhlas dan senang hati dengan segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat.

Pada kesempatan ini, penulis hendak menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan sehingga tugas akhir ini dapat selesai. Ucapan terima kasih ini penulis tujukan kepada:

1. Bapak Dr. Ir. H. Abd Rakhim Nanda, S.T., M.T., IPU. sebagai Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Bapak Ir. Muhammad Syafa’at S Kuba, ST., MT. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar
3. Bapak Ir. M. Agusalim, S.T., M.T. sebagai Ketua Prodi Teknik Sipil Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

4. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Darwis Panguriseng, M.Sc sebagai pembimbing I dan Bapak Dr. Ir. Muhammad Yunus Ali, ST., MT., IPM sebagai pembimbing II yang sabar memberikan bimbingan dalam menyelesaikan proposal penelitian.
5. Bapak dan Ibu dosen serta staf pegawai di Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. Suadara/Saudari kami di FAKULTAS TEKNIK, MEKANIKA 2018 yang telah berjuang bersama dan selalu memberikan doa serta dukungan kepada kami dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Kedua Orang Tua kami yang selalu memberi dukungan moral maupun material dan do'a kepada kami

Semoga semua pihak tersebut di atas mendapat pahala yang berlipat ganda di sisi Allah SWT dan proposal penelitian yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi penulis, rekan-rekan dan masyarakat Aamiin. ***“Billahi Fii Sabill Haq Fastabikul Khaerat”***.

Makassar, September 2024

Tim Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL	vii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Peneletian	3
D. Manfaat Penelitian	4
E. Batasan Masalah	4
F. Sistematika Penulisan	4
BAB II. KAJIAN PUSTAKA.....	6
A. Daerah Aliran Sungai (DAS).....	6
1. <i>Tipologi Sungai</i>	7
2. <i>Pembagian Daerah Aliran Sungai</i>	8
3. <i>Karakteristik Vegetasi Tutupan Lahan</i>	10
4. <i>Keseimbangan Air Permukaan Tanah (Water Balance)</i>	15
B. Daerah Tangkapan Hujan (<i>Catchment Area</i>)	18
1. <i>Curah Hujan Rerata Daerah</i>	19
2. <i>Suhu Rerata Daerah</i>	21
C. Parameter Hidrologi	23
1. <i>Evapotranspirasi</i>	23

2. <i>Infiltrasi</i>	25
3. <i>Penyimpanan Air Tanah (Ground Water Storage)</i>	28
4. <i>Aliran Limpasan (Runoff)</i>	29
5. <i>Debit Sungai</i>	31
D. Koefisien Regim Sungai	33
E. Sistem Klasifikasi Tanah di Lapangan	35
BAB III. METODE PENELITIAN	38
A. Lokasi Penelitian	38
B. Waktu Penelitian	39
C. Jenis Penelitian dan Sumber Data	39
D. Alat dan Bahan Penelitian	40
E. Tahapan Penelitian	41
F. Analisis Data	43
G. Flowchart Penelitian	45
BAB IV. HASIL & PEMBAHASAN	46
A. Analisis Vegetasi Tutupan Lahan	46
1. <i>Kerapatan Vegetasi</i>	47
2. <i>Indeks Penutupan Lahan Oleh Vegetasi (IPL)</i>	49
B. Analisis Data Hidrologi	50
1. <i>Metode Polygon Thiessen</i>	50
2. <i>Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah</i>	51
C. Analisis Pendugaan Suhu	57
D. Analisis Evapotranspirasi Potensial	61
1. <i>Perhitungan Indeks Panas Tahunan (I)</i>	61

2. <i>Evapotranspirasi Potensial Belum Disesuaikan Garis Bujur/Bulan</i>	66
3. <i>Koefisien Penyesuaian Bujur dan Bulan Setiap Stasiun Hujan</i>	70
4. <i>Perhitungan Rerata Evapotranspirasi Potensial DAS Siwa</i>	75
E. Faktor Kelengasan Tanah	77
F. Analisis Parameter Hidrologi	78
1. <i>Sistem Neraca Air Metode Mock</i>	78
2. <i>Koefisien Regim Sungai DAS Siwa</i>	83
3. <i>Koefisien Limpasan DAS Siwa</i>	84
G. Pembahasan	85
1. <i>Kondisi Tutupan Lahan DAS Siwa</i>	85
2. <i>Dampak Parameter Hidrologi DAS Siwa</i>	86
BAB V. PENUTUP	91
A. Kesimpulan	91
B. Saran	92
DAFTAR PUSTAKA	93
LAMPIRAN	96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Bentuk-bentuk DAS.....	7
Gambar 2. Hubungan biofisik antara daerah hulu dengan hilir suatu DAS	9
Gambar 3. Daerah tangkapan hujan (<i>Catchment Area</i>).....	18
Gambar 4. Peta lokasi penelitian	38
Gambar 5. Bagan alur penelitian	45
Gambar 6. Peta tutupan lahan DAS Siwa.....	46
Gambar 7. Peta tingkat kerapatan vegetasi.....	48
Gambar 8. Peta wilayah pengaruh pos curah hujan.....	50
Gambar 9. Peta Tekstur Tanah DAS Siwa	77
Gambar 10. Tutupan Lahan DAS Siwa.....	85
Gambar 11. Grafik Dampak Parameter Hidrologi DAS Siwa	87
Gambar 12. Grafik Koefisien Regim Sungai DAS Siwa.....	88
Gambar 13. Peta Koefisien Limpasan DAS Siwa	88

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kelas Kerapatan Vegetasi	14
Tabel 2. Klasifikasi Nilai Indeks Penutup Lahan	15
Tabel 3. Pemilihan Metode Penentuan Curah Hujan	20
Tabel 4. Koefisien Penyesuaian Menurut Bujur Dan Bulan	22
Tabel 5. Nilai exposed surface (m) Berdasarkan Jenis Tutupan Lahan	25
Tabel 6. Lengas Tanah (Milimeter per Meter Jeluk Tanah).....	28
Tabel 7. Koefisien Aliran Permukaan	30
Tabel 8. Klasifikasi Koefisien Regim Sungai	34
Tabel 9. Penetapan kelas tekstur di lapangan menurut perasaan jari tangan.....	37
Tabel 10. Data Tutupan Lahan DAS Siwa	47
Tabel 11. Klasifikasi Tingkat Kerapatan Vegetasi.....	48
Tabel 12. Luasan Stasiun Hujan Polygon Thiessen	51
Tabel 13. Data Hujan Pos Curah Hujan Siwa	51
Tabel 14. Data Hujan Pos Curah Hujan Talangriaja	52
Tabel 15. Data Hujan Pos Curah Hujan Bulutimorang	52
Tabel 16. Curah Hujan Rerata Daerah DAS Siwa	53
Tabel 17. Hari Hujan Pos Curah Hujan Siwa.....	54
Tabel 18. Hari Hujan Pos Curah Hujan Talangriaja.....	55
Tabel 19. Hari Hujan Pos Curah Hujan Bulutimorang.....	55
Tabel 20. Rerata Hari Hujan DAS Siwa.....	57
Tabel 21. Suhu Tahunan.....	58
Tabel 22. Perbedaan Suhu	59

Tabel 23. Pendugaan Suhu Pos Hujan Siwa (T_m) °C	60
Tabel 24. Pendugaan Suhu Pos Hujan Talangriaja (T_m) °C	60
Tabel 25. Pendugaan Suhu Pos Hujan Bulutimorang (T_m) °C	61
Tabel 26. Nilai Indeks Panas Tahunan dan Nilai a Stasiun Hujan Siwa	63
Tabel 27. Nilai Indeks Panas Tahunan dan Nilai a Stasiun Hujan Talangriaja	64
Tabel 28. Nilai Indeks Panas Tahunan dan Nilai a Stasiun Hujan Bulutimorang	65
Tabel 29. Evapotranspirasi Belum Disesuaikan Garis Bujur (f) Stasiun Hujan Siwa (mm)	67
Tabel 30. Evapotranspirasi Belum Disesuaikan Garis Bujur (f) Stasiun Hujan Talangriaja (mm)	68
Tabel 31. Evapotranspirasi Belum Disesuaikan Garis Bujur (f) Stasiun Hujan Bulutimorang (mm)	69
Tabel 32. Koordinat Stasiun Hujan	70
Tabel 33. Perhitungan Koefisien Penyesuaian Menurut Garis Lintang	70
Tabel 34. Evapotranspirasi Potensial (E_{To}) Stasiun Hujan Siwa (mm)	72
Tabel 35. Evapotranspirasi Potensial (E_{To}) Stasiun Hujan Talangriaja (mm)	73
Tabel 36. Evapotranspirasi Potensial (E_{To}) Stasiun Hujan Bulutimorang (mm)	74
Tabel 37. Rerata Evapotranspirasi Potensial (E_{To}) DAS Siwa	76
Tabel 38. Kelengasan Tanah Dari Kelas Tekstur Tanah DAS Siwa	78
Tabel 39. Analisis Debit Efektif DAS Siwa Tahun 2014	80
Tabel 40. Rekapitulasi Debit Efektif DAS Siwa	82
Tabel 41. Koefisien Regim Sungai (KRS) DAS Siwa	83
Tabel 42. Koefisien Limpasan DAS Siwa	83

BAB I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk yang diikuti pertumbuhan ekonomi merupakan isu utama yang bersifat mendasar dan komprehensif. Seiring dengan peningkatan jumlah dan aktivitas manusia, maka kebutuhan terhadap lahan juga akan mengalami peningkatan. Manusia cenderung memanfaatkan lahan ke arah penggunaan yang lebih tinggi daya gunanya maupun meningkatkan potensi lahannya. Usaha peningkatan daya guna tersebut mendorong terjadinya pemanfaatan lahan secara masif khususnya lahan yang tertutup vegetasi seperti hutan menjadi lahan perkebunan, pertanian dan kawasan permukiman. Oleh karena itu penting untuk mengetahui kondisi vegetasi dan dampak yang ditimbulkan terhadap parameter-parameter hidrologi khususnya pada Daerah Aliran Sungai (DAS) yang mempunyai peran krusial sebagai daerah tangkapan air (*catchment area*). Hal ini sesuai dengan pendapat Arsyad (2010), yang menyatakan bahwa setiap perlakuan yang diberikan terhadap sebidang tanah akan berdampak terhadap parameter hidrologi di tempat tersebut.

DAS Siwa merupakan Daerah Aliran Sungai dengan luas 683,446 km^2 yang mempunyai peran penting sebagai salah satu daerah tangkapan air (*catchment area*) yang terletak di Kabupaten Wajo Provinsi Sulawesi Selatan. Dalam penelitian Kasnawawi (2022) tentang perbaikan alur sungai akibat debit banjir (studi kasus: Sungai Siwa) menyebutkan bahwa kondisi DAS Siwa mengalami banyak pemanfaatan lahan yang cukup

signifikan, terutama akibat aktivitas pertambangan dan perluasan lahan pertanian. Aktivitas pertambangan, baik legal maupun ilegal cenderung merusak tutupan lahan bervegetasi dan mengubah struktur tanah secara drastis yang dapat mengganggu proses infiltrasi air kedalam tanah sehingga berpotensi menimbulkan limpasan yang tinggi dan dapat menyebabkan banjir.

Dengan kondisi vegetasi *catchment area* DAS Siwa yang saat ini belum diketahui secara pasti dan dampaknya terhadap parameter hidrologi menjadikan topik ini sangat relevan untuk dilakukan penelitian dalam bidang hidrologi, mengingat peran vegetasi yang sangat signifikan dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Pengetahuan yang diperoleh dari penelitian ini kita dapat memahami kondisi vegetasi *catchment area* dan dampak yang ditimbulkan terhadap parameter hidrologi. Dengan memahami hal tersebut diharapkan dapat memberikan landasan ilmiah yang kokoh untuk pengembangan strategi pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan dan adaptif. Selain itu, hasil dari penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan panduan praktis bagi perencanaan tata guna lahan yang mempertimbangkan perlindungan dan restorasi ekosistem sungai secara holistik, sehingga mendukung keberlanjutan ekologi dan kesejahteraan masyarakat yang bergantung pada sumber daya air di DAS Siwa.

Dari beberapa uraian penjelasan dan permasalahan diatas serta masih terbatasnya penelitian yang telah dilakukan terkait dengan studi kondisi vegetasi dan dampaknya terhadap parameter hidrologi maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian tersebut. Dan selanjutnya penulis akan tuangkan ke dalam sebuah karya tulis sebagai tugas akhir dengan judul "Studi Kondisi Vegetasi *Catchment Area* DAS Siwa dan Dampaknya Terhadap Parameter Hidrologi".

B. Rumusan Masalah

Adapun permasalahan dalam penelitian ini berdasarkan latar belakang diatas adalah:

1. Bagaimana kondisi eksisting tutupan lahan pada *catchment area* DAS Siwa ?
2. Bagaimana dampak kondisi tutupan lahan *catchment area* DAS Siwa terhadap parameter hidrologi?

C. Tujuan Peneletian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengidentifikasi dan mendeskripsikan kondisi tutupan lahan pada *catchment area* DAS Siwa.
2. Untuk menganalisis dampak kondisi tutupan lahan *catchment area* terhadap parameter hidrologi DAS Siwa.

D. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian di atas maka di hasilkan manfaat penelitian sebagai berikut :

1. Kontribusi Ilmiah : Menambah pemahaman tentang interaksi antara vegetasi dan parameter hidrologi di DAS Siwa.
2. Pengelolaan Sumber Daya Air : Memberikan informasi yang berguna untuk strategi pengelolaan vegetasi dan sumber daya air di DAS Siwa.
3. Kebijakan dan Praktik Berkelanjutan : Menyediakan informasi yang dapat diterapkan dalam kebijakan dan praktik pengelolaan tanah untuk mengurangi dampak negatif terhadap parameter hidrologi.

E. Batasan Masalah

Untuk menghindari pembahasan yang luas serta memudahkan dalam penyelesaian masalah sesuai dengan rencana dan tujuan yang ingin dicapai. Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu penelitian ini berfokus untuk mengkaji kondisi tutupan lahan berupa vegetasi *catchment area* DAS Siwa dan dampaknya terhadap parameter hidrologi.

F. Sistematika Penulisan

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

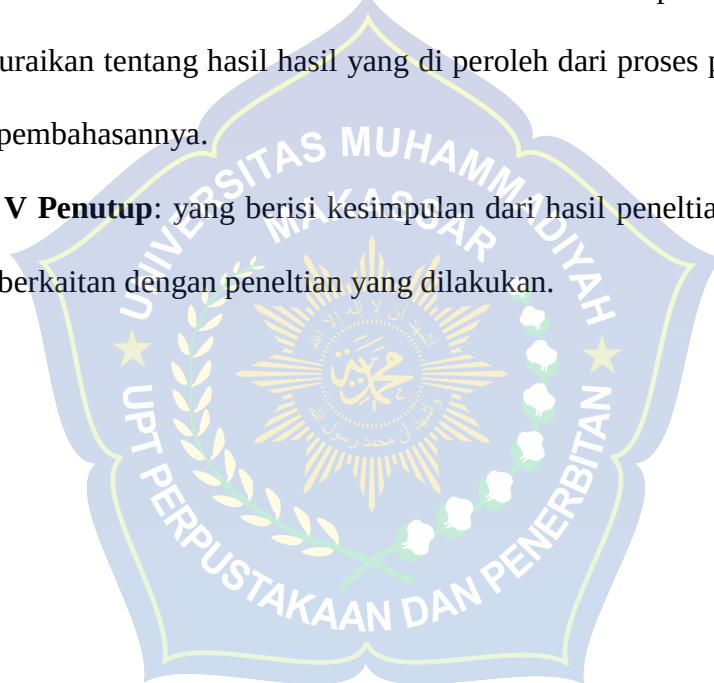
BAB I Pendahuluan: Menguraikan tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka: Tinjauan yang memuat secara sistematis tentang teori, pemikiran dan hasil penelitian yang ada hubungannya dengan penelitian ini.

BAB III Metode Penelitian: Metode penelitian yang menjelaskan waktu dan lokasi penelitian, bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian serta tahap dalam proses penelitian di lapangan.

BAB IV Hasil Dan Pembahasan: Analisa hasil dan pembahasan yang menguraikan tentang hasil yang di peroleh dari proses penelitian dan hasil pembahasannya.

BAB V Penutup: yang berisi kesimpulan dari hasil penelitian, serta saran yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan.



BAB II. KAJIAN PUSTAKA

A. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (*Watershed*) didefinisikan sebagai suatu wilayah daratan yang menerima air hujan, menampung dan mengalirkannya melalui satu sungai utama ke laut dan atau ke danau. Satu DAS, biasanya dipisahkan dari wilayah lain di sekitarnya (DAS-DAS lain) oleh pemisah alam topografi (seperti punggung bukit dan gunung. Suatu DAS terbagi lagi ke dalam sub DAS yang merupakan bagian DAS yang menerima air hujan dan mengalirkannya melalui anak sungai ke sungai utamanya (Dirjen Reboisasi & Rehabilitasi Lahan, 1998).

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah wilayah atau kawasan yang dibatasi oleh pegunungan, lereng, atau topografi lainnya, di mana semua aliran air permukaan dan air hujan yang jatuh di wilayah tersebut akan mengalir ke sungai utama atau badan air lainnya, serta akhirnya bermuara ke laut atau danau. DAS memiliki peran penting dalam siklus hidrologi dan pengelolaan sumber daya air secara keseluruhan (Asdak, 2010).

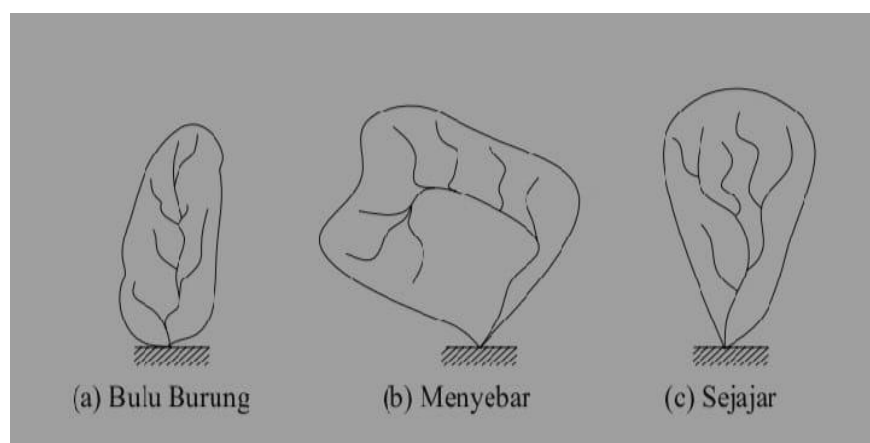
DAS merupakan suatu wilayah tertentu yang bentuk dan sifat alamnya merupakan satu kesatuan ekosistem, termasuk didalamnya hidrologi dengan sungai dan anak-anak sungainya yang berfungsi sebagai penerima, penampung dan penyimpan air yang berasal dari hujan dan sumber lainnya. DAS didefinisikan sebagai suatu jumlah air yang mengalir sepanjang lintasan di darat menuju ke laut sehingga sungai merupakan suatu lintasan dimana air yang berasal dari hulu bergabung menuju ke satu

arah yaitu hilir (muara). Sungai merupakan bagian dari siklus hidrologi yang terdiri dari beberapa proses yaitu evaporasi atau penguapan air, kondensasi dan presipitasi (Haslam 1992 dalam Arini 2005).

1. Tipologi Sungai

Sungai menurut Suyono Sosrodarsono dalam buku Hidrologi untuk pengairan merupakan salah satu komponen utama lingkungan DAS. Sungai dapat diartikan suatu jaringan waduk dan penyalur air yang berada pada satu alur tertentu yang dibatasi oleh tebing. Secara fisiologis sungai adalah badan air yang menerima limpasan batuan hidrologi dalam daerah alirannya.

Umumnya DAS yang semakin luas mencerminkan sungai yang semakin besar. DAS dapat dibagi menjadi beberapa sub-DAS. Berdasarkan karakteristik dan bentuknya, DAS dapat berbentuk seperti bulu burung, daerah pengaliran yang menyebar, dan daerah pengaliran yang sejajar. Bentuk-bentuk tersebut dapat digambarkan seperti gambar dibawah ini (Petrus Yanto, 2008).



Gambar 1. Bentuk-bentuk DAS (Sumber: Ersin Seyhan, 1990)

Menurut Siti Marwah dalam Petrus Yanto (2008) makalah DAS sebagai satuan unit perencanaan menjelaskan bahwa DAS dapat dibagi menjadi daerah hulu, tengah dan hilir. Secara biogeofisik, daerah hulu dicirikan sebagai daerah konservasi dengan kemiringan besar, memiliki vegetasi berupa hutan.

Daerah Aliran Sungai (DAS) memiliki beberapa karakteristik yang dapat menggambarkan kondisi spesifik antara DAS yang satu dengan DAS yang lainnya. Karakteristik itu dicirikan oleh parameter yang terdiri atas (Dephutbun, 1998) :

- a. Morfometri DAS yang meliputi relief DAS, bentuk DAS, kepadatan drainase, gradien sungai, lebar DAS dan lain-lain.
- b. Hidrologi DAS, mencakup curah hujan, debit dan sedimen.
- c. Tanah.
- d. Geologi dan geomorfologi.
- e. Penggunaan lahan.
- f. Sosial ekonomi masyarakat di dalam wilayah DAS.

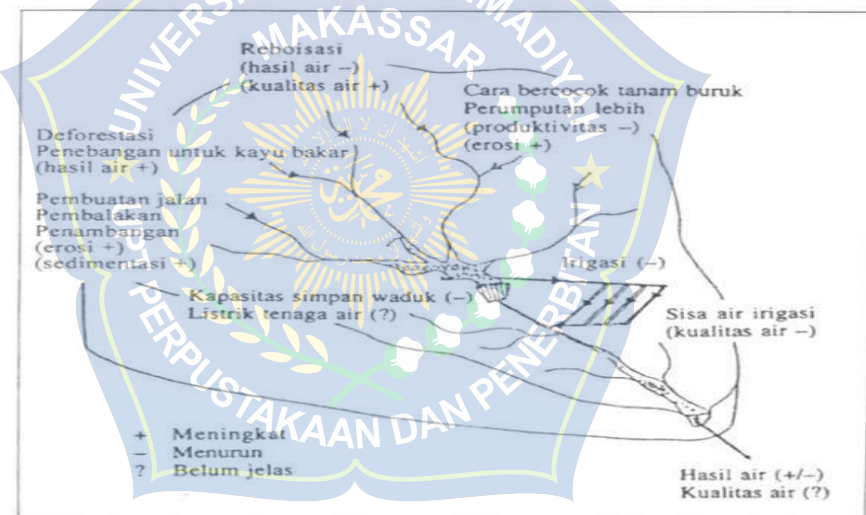
2. Pembagian Daerah Aliran Sungai

Dalam mempelajari ekosistem DAS, biasanya terbagi atas daerah hulu, tengah dan hilir. Secara biogeofisik, daerah hulu, tengah dan hilir dicirikan oleh hal-hal sebagai berikut (Asdak 2002 dalam Arini 2005):

- a. Daerah hulu dicirikan sebagai daerah konservasi, memiliki kerapatan drainase tinggi, kemiringan lereng besar ($>15\%$), bukan merupakan daerah banjir, pemakaian air ditentukan oleh pola

drainase dan jenis vegetasi umumnya merupakan tegakan hutan.

- b. Daerah tengah merupakan daerah transisi dari kedua karakteristik biogeofisik DAS yang berbeda antara hulu dan hilir.
- c. Daerah hilir dicirikan sebagai daerah pemanfaatan, memiliki kerapatan drainase kecil, kemiringan lereng sangat kecil ($< 8\%$), di beberapa tempat merupakan daerah banjir (genangan), pemakaian air ditentukan oleh bangunan irigasi, jenis vegetasi didominasi oleh tanaman pertanian kecuali daerah estuaria yang didominasi oleh hutan bakau atau gambut.



Gambar 2. Hubungan biofisik antara daerah hulu dengan hilir suatu DAS (Sumber: Asdak, 2010)

Contoh keterkaitan antara daerah hulu-hilir suatu DAS dapat dilihat dengan mengacu pada Gambar 2. Kegiatan reboisasi (penanaman pohon) dalam luasan tertentu misalnya, dapat menurunkan hasil air, akan tetapi kegiatan tersebut dapat meningkatkan kualitas air permukaan, terutama air tanah. Sedangkan kegiatan pembalakan hutan

(*logging*) atau deforestasi (pengurangan areal daerah hutan) yang dilakukan di daerah hulu DAS, dalam luasan tertentu, juga dapat memberi dampak dalam bentuk meningkatnya hasil air. (Asdak, 2010).

3. Karakteristik Vegetasi Tutupan Lahan

Vegetasi adalah berbagai macam jenis tumbuhan atau tanaman yang menempati suatu ekosistem. Dalam kamus besar bahasa Indonesia, vegetasi didefinisikan sebagai suatu bentuk kehidupan yang berhubungan dengan tumbuh tumbuhan atau tanam-tanaman (Saswanto, 1992). Istilah vegetasi dalam ekologi adalah istilah yang digunakan untuk menyebut komunitas tumbuh-tumbuhan yang hidup di dalam suatu ekosistem (Rahardjanto, 2005). Vegetasi yang menutupi tanah di hutan melindungi tanah permukaannya mempunyai peranan besar untuk menghambat dan mencegah berlangsungnya erosi. Vegetasi atau pohon-pohon tersebut selain akan melindungi tanah permukaan dari pukulan langsung butir-butir air hujan dapat pula memperbaiki struktur tanah melalui penyebaran akar-akar.

Pada umumnya peran vegetasi hutan dinilai positif terhadap kelestarian sumber daya air kawasan baik kualitas maupun kuantitasnya. Beberapa informasi menunjukkan bahwa kelestarian sumber daya air tergantung dari kondisi hutan pada kawasan tersebut. Pada saat hutan ditebang hasil air pada awalnya akan meningkat karena berkurangnya evapotranspirasi, namun lama kelamaan hasil air tersebut akan berkurang karena jumlah air yang tersimpan di dalam

tanah juga berkurang. Hal ini disebabkan karena air hujan yang jatuh pada areal hutan yang telah terbuka, sebagian besar langsung menjadi aliran permukaan (Badaruddin, 2021).

Klasifikasi penggunaan dan penutup lahan diperlukan untuk inventarisasi, yang mana klasifikasi merupakan suatu proses pengelompokan data yang bersifat induktif sebagai generalisasi secara sistematis dari suatu objek atau fenomena, dan sisanya dilakukan atas dasar kesamaan sifat dan atas dasar kriteria-kriteria atribut tertentu (Nurfatimah, 2020). Penggunaan Lahan Menurut BAPLAN Departemen Kehutanan Tahun 2001 (Savitri dan Pramono, 2017), dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- a. Hutan lahan kering primer; Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan kering berupa hutan dataran rendah yang masih kompak dan belum mengalami intervensi manusia.
- b. Hutan lahan kering sekunder; Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan kering berupa hutan dataran rendah yang masih kompak dan telah mengalami intervensi manusia berupa bekas penebangan.
- c. Hutan tanaman; Seluruh kawasan HTI baik yang sudah ditanami maupun yang belum (masih berupa lahan kosong). Identifikasi lokasi dapat diperoleh pada Peta Persebaran HTI.
- d. Semak/belukar; Kawasan bekas hutan lahan kering yang telah tumbuh kembali, didominasi vegetasi rendah dan tidak

menampakan lagi bekas alur/bercak penebangan.

- e. Pertanian lahan kering; Semua aktivitas pertanian di lahan kering seperti tegalan, kebun campuran dan ladang
- f. Pertanian lahan kering campur; Semua aktivitas pertanian di lahan kering berselang-seling dengan semak, belukar dan hutan bekas tebangan.
- g. Sawah; Semua aktivitas pertanian di lahan basah yang dicirikan oleh pola pematang.
- h. Perkebunan; Seluruh kawasan perkebunan, baik yang sudah ditanami maupun yang belum (masih berupa lahan kosong). Identifikasi lokasi dapat diperoleh pada Peta Persebaran Perkebunan (perkebunan besar). Lokasi perkebunan rakyat mungkin tidak termasuk dalam peta sehingga memerlukan informasi pendukung lain.

Penggunaan vegetasi penutup lahan akan dapat memperbaiki fluktuasi aliran air. Banyaknya air hujan yang tidak langsung dapat mencapai permukaan tanah tergantung pada karakteristik tanaman penutup yang meliputi bentuk dan ukuran daun, bentuk dan kerapatan tajuk, kekasaran kulit batang dan kelurusan batang pohon (Pramono, 2006).

Kerapatan vegetasi merupakan persentase suatu spesies vegetasi atau tumbuhan yang hidup di suatu luasan tertentu. Kerapatan vegetasi salah satunya dapat diketahui dengan menggunakan teknik NDVI. Teknik yang dapat digunakan untuk keperluan menganalisis vegetasi. Luasan tutupan vegetasi dalam setiap satuan luas pengukuran merupakan definisi dari kerapatan vegetasi. Kerapatan vegetasi biasanya diwujudkan pada bentuk persentase untuk mengetahui tingkat kehijauan dari vegetasi. Nilai kerapatan vegetasi diperoleh dari hasil transformasi Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). NDVI sangat baik untuk mendeteksi kerapatan vegetasi karena transformasi ini memanfaatkan besaran nilai spektral daun atau nilai pantul kandungan klorofil pada daun. Berikut adalah rumus NDVI yang disajikan pada rumus (Dede Sugandi, 2020) :

$$NDVI = \frac{Band5 - Band4}{Band5 + Band4} \quad (1)$$

Keterangan:

NDVI = *Normalized Difference Vegetation Index*

Band4 = Saluran *band* warna merah (*Red*)

Band5 = Saluran *band* inframerah dekat (*Near Infrared*)

Nilai NDVI berkisar antara -1 hingga 1. Menurut Carlson (1994) dalam Jurnal Zulfa dan Triyatno (2020) menjelaskan bahwa nilai NDVI yang mendekati 1 menunjukkan semakin tingginya kerapatan vegetasi, sebaliknya nilai NDVI mendekati -1 menunjukkan semakin berkurangnya kerapatan vegetasi. Berikut adalah tabel kelas kerapatan

vegetasi yang dibagi menjadi 5 kelas sesuai dengan klasifikasi NDVI dalam jurnal Huda (2017), seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Kelas Kerapatan Vegetasi

Rentang Klasifikasi	Kerapatan
-1 – 0	Non Vegetasi
0 – 0,25	Rendah
0,25 – 0,55	Sedang
0,55 – 0,78	Tinggi
0,78 – 1	Sangat Tinggi

Sumber: Huda, 2017

Monitoring dan evaluasi terhadap penutupan lahan oleh vegetasi di DAS adalah untuk mengetahui indeks penutupan lahan (IPL) dari luas lahan bervegetasi permanen yang ada di DAS. Dihitung menggunakan rumus (Menteri Kehutanan No.52/Kpts-II/2001):

$$IPL = \frac{LVP}{Luas\ DAS} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

LVP = Luas lahan bervegetasi permanen

Luas DAS = Luas DAS yang menjadi sasaran

LVP diperoleh dari peta penutupan lahan aktual atau analisis foto udara citra satelit terbaru yang meliputi wilayah DAS. Vegetasi permanen yang dimaksudkan adalah tanaman tahunan seperti vegetasi hutan hutan dan kebun yang berfungsi sebagai konservasi, dimana keberadaan vegetasi tersebut di suatu DAS tidak dipanen atau

ditebang. Klasifikasi nilai IPL disajikan pada tabel berikut (Shodriyah, 2014).

Tabel 2. Klasifikasi Nilai Indeks Penutup Lahan

No.	Nilai IPL (%)	Kelas	Skor
1.	>75	Baik	1
2.	30-75	Sedang	3
3.	<30	Jelek	5

Sumber : Keputusan Menteri Kehutanan No.52/Kpts-II/2001

4. Keseimbangan Air Permukaan Tanah (*Water Balance*)

Perbedaan intensitas tata guna lahan mempengaruhi volume air hujan yang mengalir di permukaan tanah dan yang masuk ke dalam badan sungai. Sedangkan persentase air hujan yang akan dialirkan tergantung dari tingkat kededapan penutup permukaan terhadap air. Ada tidaknya vegetasi penutup lahan juga mempengaruhi terjadinya erosi yang menyebabkan pendangkalan. Vegetasi penutup lahan tersebut berfungsi untuk Melindungi permukaan tanah dari tumbukan air hujan Menurunkan kecepatan aliran.

Menurut Mock (1973) dalam studi yang dilakukan di daerah aliran sungai, ditetapkan besarnya kapasitas kelembaban tanah (*Soil Moisture Capacity*). *Soil moisture capacity* (SMC) adalah kapasitas kandungan air pada lapisan tanah permukaan (*surface soil*) per m². Besarnya *Soil Moisture Capacity* untuk perhitungan ketersediaan air ini diperkirakan berdasarkan kondisi porositas lapisan tanah permukaan dari daerah pengaliran sungai yaitu berkisar antara 50 – 250 mm. Semakin besar porositas tanah, akan semakin besar pula *Soil Moisture Capacity* yang

ada. SMC maksimum adalah 200 mm/bulan. Ada dua keadaan untuk menentukan SMC, yaitu:

- a. $SMC = 200 \text{ mm/bulan}$, jika $P - Et > 0$.

Artinya tampungan kelembaban tanah (*Soil Moisture Storage*, disingkat SMS) sudah mencapai kapasitas maksimumnya atau terlampaui sehingga air tidak disimpan dalam tanah lembab. Ini berarti *soil storage* (SS) sama dengan nol dan besarnya *water surplus* sama dengan $P - Et$.

- b. $SMC = SMC \text{ bulan sebelumnya} + (P - Et)$, jika $P - Et < 0$.

Untuk keadaan ini, tampungan tanah lembab belum mencapai kapasitas maksimum, sehingga ada air yang disimpan dalam tanah lembab. Besarnya air yang disimpan ini *soil storage* (SS) = $P - Et$ (Mock, F.J, 1973 dalam Muchlisin, 2015).

Keseimbangan air permukaan tanah di permukaan tanah dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut (Mock, F.J, 1973 dalam Muchlisin, 2015) :

- a. Air hujan (D_s)

Air hujan yang mencapai permukaan tanah dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$D_s = P - Et \quad (3)$$

Keterangan :

D_s = Air hujan mencapai permukaan tanah

P = Curah hujan bulanan

E_t = Evapotranspirasi

b. Kandungan air tanah (SS)

Besar kandungan air tanah tergantung dari harga air hujan (D_s), bila harga D_s negatif, maka kapasitas kelembaban tanah akan berkurang dan bila D_s positif maka kelembaban tanah akan bertambah.

- $D_S > 0$, maka $SS = 0$ (4)

- $D_S < 0$, maka $SS = P - E_t$ (5)

c. Kelebihan air (*Water Surplus*)

Kelebihan air (*water surplus*) didefinisikan sebagai air hujan (presipitasi) yang telah mengalami evapotranspirasi dan mengisi tampungan tanah (*soil storage*, disingkat SS). Water surplus ini berpengaruh langsung pada infiltrasi atau perkolasi dan total *run off* yang merupakan komponen debit. Persamaan *water surplus* (disingkat WS) adalah sebagai berikut:

$$WS = (P - E_t) - SS \quad (6)$$

Dengan :

WS (Water Surplus) = volume air yang akan masuk ke permukaan tanah. Akan terjadi surplus, jika $(P - E_t) - SS > 0$ dan defisit air jika $(P - E_t) - SS < 0$.

$P - E_t$ = Presipitasi yang telah mengalami evapotranspirasi

SS = Perubahan volume air yang ditahan oleh tanah besarnya tergantung pada $(P - E_t)$, *soil storage* bulan sebelumnya.

B. Daerah Tangkapan Hujan (*Catchment Area*)

Catchment area adalah suatu daerah tadah hujan dimana air yang mengalir pada permukaannya ditampung oleh saluran yang bersangkutan. Sistem drainase yang baik yaitu apabila ada hujan yang jatuh di suatu daerah harus segera dapat dialirkan, maka untuk itu dibuat saluran yang menuju saluran utama. Supaya air dapat dialirkan dengan optimal dan efektif maka perlu ditentukan *cathment area*, sehingga sistem pengalirannya sesuai dengan kondisi catchment area yang telah ditentukan (Harto,1993).



Gambar 3. Daerah tangkapan hujan (*Catchment Area*) (Sumber: Tikno dkk., 2016)

Catchment area atau daerah tangkapan air merupakan suatu wilayah daratan yang dibatasi oleh punggung bukit seperti batas-batas pemisah topografi. *Catchment area* adalah wilayah daratan yang berkaitan erat dengan sungai dan anak-anak sungai (Medlik, 2003). *Catchment area* berfungsi untuk menerima, menginfiltrasi air kedalam lapisan tanah,

menampung, mengirimkan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan. Air tersebut akan mengalir ke anak sungai dan sungai utama sehingga berakhir di muara, danau atau laut. *Catchment area* sangat erat kaitannya dengan daerah aliran sungai (DAS) (Tikno dkk., 2016). *Stream* merupakan aliran air yang terdiri atas beberapa kumpulan aliran air lainnya yang menjadi satu kesatuan untuk mengirim, menyumbang, dan mengalirkan air ke sungai utama (Indra dkk, 2014).

1. Curah Hujan Rerata Daerah

Bila dalam suatu areal terdapat beberapa alat penakar atau pencatat curah hujan, maka untuk mendapatkan harga curah hujan areal adalah dengan mengambil harga rata-ratanya. Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rencana pemanfaatan air dan rencana pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah (*area rainfall*), bukan curah hujan pada suatu titik tertentu (*point rainfall*). Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah/daerah dan dinyatakan dalam mm. (Sosrodarsono, 2003).

Untuk keperluan analisa, yang diperlukan adalah data curah hujan rerata daerah. Ada tiga cara yang berbeda dalam menentukan tinggi curah hujan rata-rata pada real tertentu dari angka-angka curah hujan di beberapa pos penakar atau pencatat (Soemarto, 1987), yaitu Cara Perhitungan Rata-rata Aritmatika (*Aritmatic Mean Method*), cara Poligon Thiesen, dan cara Isohyet.

Tabel 3. Pemilihan Metode Penentuan Curah Hujan

Jumlah Pos Penakar Hujan	Metode
• Cukup • Terbatas • Tunggal	Isohyet, Poligon Thiessen atau Rerata Aljabar Rerata Aljabar atau Poligon Thiessen Hujan Titik
Luas DAS	Metode
• DAS Besar ($>5000 \text{ km}^2$) • DAS Sedang ($500-5000 \text{ km}^2$) • DAS Kecil ($<500 \text{ km}^2$)	Isohyet Poligon Thiessen Rerata Aljabar
Topografi	Metode
• Pegunungan • Dataran • Berbukit dan tidak beraturan	Rerata Aljabar Poligon Thiessen Isohyet

Sumber : Suripin (2004)

Dalam penelitian ini menggunakan metode Polygon Thiessen. Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Pada suatu luasan DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili luasan tersebut. Hitungan curah hujan rata-rata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari tiap stasiun (Triatmodjo, 2008):

$$\bar{P} = \frac{A_1 p_1 + A_2 p_2 + A_3 p_3 + \dots + A_n p_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \quad (7)$$

Keterangan:

$\bar{P}$ = Besar curah hujan rerata daerah (mm)

$A_1 + A_2 + \dots + A_n$ = Luas daerah yang mewakili stasiun 1,2,3,...n

$p_1 + p_2 + \dots + p_n$ = Hujan pada stasiun 1,2,3,...n

2. Suhu Rerata Daerah

Suhu udara dapat disebut sebagai ukuran derajat panas udara. Suhu udara umumnya diukur berdasarkan skala tertentu menggunakan thermometer. Beberapa faktor yang mempengaruhi suhu udara: tinggi tempat, daratan atau lautan, radiasi matahari, sudut datang sinar matahari, angin (Soewarno, 2000).

Fluktuasi suhu musiman untuk masing-masing lokasi di wilayah Indonesia sangat kecil. Variasi suhu di Indonesia lebih dipengaruhi oleh ketinggian tempat (*altitude*). Suhu maksimum di Indonesia menurun sebesar $0,6^{\circ}\text{C}$ untuk setiap kenaikan elevasi setinggi 100 meter, sedangkan suhu minimum menurun $0,5^{\circ}\text{C}$ setiap kenaikan elevasi 100 meter. Berdasarkan data yang dikumpulkan di 60 lokasi, Oldeman (1977) menemukan hubungan antara suhu dengan ketinggian tempat (Benyamin L, 1994 *dalam* Lasmana, 2008).

Di Indonesia tidak semua stasiun mempunyai data suhu udara. Untuk mengatasi hal tersebut dapat dilakukan pendugaan suhu udara dari stasiun terdekat dengan mempertimbangkan faktor ketinggian tempat. Untuk penyesuaian ini digunakan cara Mock (1973):

$$\Delta T = 0,006(z_1 - z_2)^{\circ}\text{C} \quad (8)$$

Keterangan :

ΔT = Perbedaan suhu stasiun pengukuran dengan stasiun dianalisa

Z_1 = Elevasi stasiun pengukuran suhu (m)

Z_2 = Elevasi stasiun hujan yang dianalisa (m)

Tabel 4. Koefisien Penyesuaian Menurut Bujur Dan Bulan

Bujur/ Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sep	Okt	Nov	Des
50	0,74	0,78	1,02	1,15	1,33	1,36	1,37	1,25	1,06	0,92	0,76	0,7
49	0,75	0,79	1,02	1,14	1,32	1,34	1,35	1,24	1,05	0,93	0,76	0,71
48	0,76	0,8	1,02	1,14	1,31	1,33	1,34	1,23	1,05	0,93	0,77	0,72
47	0,77	0,8	1,02	1,14	1,3	1,32	1,33	1,22	1,04	0,93	0,78	0,73
46	0,79	0,81	1,02	1,13	1,29	1,31	1,32	1,21	1,04	0,94	0,79	0,74
45	0,8	0,81	1,02	1,13	1,28	1,29	1,31	1,21	1,04	0,94	0,79	0,75
44	0,81	0,82	1,02	1,13	1,27	1,29	1,3	1,2	1,04	0,95	0,79	0,76
43	0,81	0,82	1,02	1,12	1,26	1,28	1,29	1,2	1,04	0,95	0,81	0,77
42	0,82	0,83	1,03	1,12	1,26	1,27	1,28	1,19	1,04	0,95	0,82	0,79
41	0,83	0,83	1,03	1,11	1,25	1,26	1,27	1,19	1,04	0,96	0,82	0,8
40	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,26	1,18	1,04	0,96	0,83	0,81
39	0,85	0,84	1,03	1,11	1,23	1,24	1,25	1,18	1,04	0,96	0,84	0,82
38	0,85	0,84	1,03	1,11	1,23	1,23	1,25	1,17	1,04	0,96	0,84	0,85
37	0,86	0,84	1,03	1,11	1,22	1,23	1,24	1,17	1,03	0,97	0,85	0,83
36	0,87	0,85	1,03	1,11	1,21	1,22	1,24	1,16	1,03	0,97	0,86	0,84
35	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	1,03	0,97	0,86	0,85
34	0,88	0,85	1,03	1,09	1,21	1,22	1,22	1,16	1,03	0,97	0,87	0,86
33	0,88	0,86	1,03	1,09	1,19	1,22	1,15	1,03	0,97	0,88	0,86	0,87
32	0,89	0,86	1,03	1,08	1,19	1,21	1,15	1,03	1,03	0,98	0,88	0,88
31	0,9	0,87	1,03	1,08	1,18	1,17	1,21	1,14	1,03	0,98	0,89	0,88
30	0,9	0,87	1,03	1,08	1,18	1,17	1,2	1,14	1,03	0,98	0,89	0,89
29	0,91	0,87	1,03	1,07	1,17	1,16	1,18	1,13	1,03	0,98	0,9	0,89
28	0,91	0,88	1,03	1,07	1,16	1,16	1,18	1,13	1,02	0,98	0,9	0,9
27	0,92	0,88	1,03	1,06	1,15	1,15	1,17	1,13	1,02	0,99	0,9	0,91
26	0,92	0,88	1,03	1,06	1,15	1,15	1,17	1,12	1,02	0,99	0,91	0,91
25	0,93	0,89	1,03	1,06	1,15	1,14	1,17	1,12	1,02	0,99	0,91	0,91
20	0,95	0,9	1,03	1,05	1,13	1,14	1,14	1,11	1,02	1,02	0,93	0,94
15	0,97	0,91	1,04	1,04	1,11	1,12	1,12	1,08	1,02	1,01	0,95	0,97
10	1	0,91	1,03	1,03	1,08	1,06	1,07	1,07	1,01	1,02	0,98	0,99
5	1,02	0,93	1,03	1,02	1,06	1,03	1,06	1,05	1,01	1,03	0,99	1,02
0	1,04	0,94	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04
-5	1,06	0,95	1,04	1,01	1,02	0,99	1,02	1,04	1	1,05	1,03	1,06
-10	1,08	0,97	1,05	0,99	1,01	0,96	1,01	1,01	1,06	1,06	1,05	1,1
-15	1,12	0,98	1,05	0,98	0,96	0,94	0,97	1,01	1,07	1,07	1,07	1,12
-20	1,14	1	1,05	0,97	0,96	0,91	0,95	1,01	1,08	1,09	1,11	1,15
-25	1,17	1,01	1,05	0,96	0,94	0,88	0,93	0,98	1,08	1,11	1,11	1,18
-30	1,2	1,03	1,06	0,95	0,92	0,85	0,91	0,96	1,09	1,12	1,14	1,21
-35	1,23	1,04	1,06	0,94	0,89	0,82	0,87	0,94	1,13	1,17	1,15	1,24
-40	1,27	1,06	1,07	0,93	0,86	0,78	0,84	0,92	1	1,15	1,2	1,29
-42	1,28	1,07	1,07	0,92	0,85	0,76	0,82	0,92	1	1,16	1,22	1,31
-44	1,3	1,08	1,07	0,92	0,83	0,74	0,81	0,91	0,99	1,17	1,23	1,33
-46	1,32	1,1	1,07	0,91	0,82	0,72	0,79	0,9	0,99	1,17	1,25	1,35
-48	1,34	1,11	1,08	0,9	0,8	0,7	0,76	0,89	0,99	1,18	1,27	1,37
-50	1,37	1,12	1,08	0,89	0,77	0,67	0,74	0,88	0,99	1,19	1,29	1,41
50	0,74	0,78	1,02	1,15	1,33	1,36	1,37	1,25	1,06	0,92	0,76	0,7

Sumber : Sosrodasono dan Takeda (2003)

C. Parameter Hidrologi

1. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi didefinisikan sebagai jumlah air total yang dikembalikan lagi ke atmosfer dari permukaan tanah, badan air, dan vegetasi oleh adanya pengaruh faktor-faktor iklim dan fisiologis vegetasi, iklim, tipe tanaman. Pertumbuhan tanaman, variasi tanaman, jumlah populasi tanaman per satuan luas, penutupan permukaan tanah dan ketersediaan air tanah. Pengeringan tanah berlanjut pada suatu laju yang tinggi sampai transpirasi dihambat oleh mekanisme-mekanisme tumbuhan sehubungan dengan berkurangnya potensial air pada zone perakaran, akibatnya volume total air yang dipindahkan dari tanah hutan jauh lebih besar (Badrudin, 2021). Menurut Suhardjono (1994) evapotranspirasi ada dua macam yaitu:

- a. Evapotranspirasi potensial (ET_o) adalah besarnya evapotranspirasi dari suatu keadaan dimana terdapat kandungan air optimum, dan pengaturan agronomi yang optimum. ET_o dipengaruhi oleh keadaan iklim dan cuaca serta kemampuan tanaman mengabsorpsi air. ET_o selalu lebih besar atau sama dengan Evapotranspirasi Actual (ET_a).
- b. Evapotranspirasi Actual (ET_a) adalah evapotranspirasi yang terjadi pada kondisi yang sebenarnya dari suatu jenis tanaman. ET_a dipengaruhi oleh iklim, cuaca dan kemampuan tanaman mengabsorpsi air dalam kondisi moisture content tanah.

Dalam perhitungan evapotranspirasi potensial dapat menggunakan

beberapa metode terkait data yang tersedia. Pada studi ini untuk menghitung evapotranspirasi potensial digunakan *Thornthwaite*. *Thornthwaite* mengusulkan metode empiris menghitung evapotranspirasi potensial dari data suhu udara rata-rata bulanan, standar bulan 30 hari dan jam penyinarannya 12 jam. Adapun persamaan adalah (Muchlisin, 2015):

$$ETo_x = 16 \cdot \left(\frac{10 \cdot Tm}{I} \right)^a \quad (9)$$

$$ETo = f \cdot ETo_x \quad (10)$$

$$I = \sum_{m=1}^{12} \left(\frac{Tm}{5} \right)^{1,514} \quad (11)$$

$$a = (6,75 \cdot 10^{-7}) \cdot I^3 - (7,71 \cdot 10^{-5}) \cdot I^{-2} + (1,792 \cdot 10^{-2}) \cdot I + 0,49239 \quad (12)$$

Keterangan :

Tm = Suhu udara rata-rata bulanan (°C)

f = Koefisien penyesuaian menurut bujur dan bulan

I = Indeks panas tahunan

ETo_x = Evapotranspirasi potensial yang belum disesuaikan faktor f

ETo = Evapotranspirasi potensial (mm/bulan)

Dalam perhitungan evapotranspirasi aktual, Mock (1973) mengklasifikasikan besarnya *exposed surface* (m) untuk tiap daerah berbeda-beda. Nilai m tersebut tertera pada tabel berikut:

Tabel 5. Nilai *exposed surface* (m) Berdasarkan Jenis Tutupan Lahan

M	Daerah
0%	Hutan primer, sekunder
10-40%	Daerah terserosi
30-50%	Daerah lading, pertanian

Sumber: Muchlisin (2015)

Menurut Mock (1973), rasio antara selisih evapotranspirasi potensial dan evapotranspirasi aktual dengan evapotranspirasi potensial dipengaruhi oleh *exposed surface* (m) dan jumlah hari hujan (n). Evapotranspirasi aktual dari Evaporasi potensial metode Penman (ET_o). Hubungan antara evaporasi potensial dengan evapotranspirasi aktual dihitung dengan rumus (Muchlisin, 2015):

$$Ea = ET_o - \Delta E \rightarrow (Ea = Et) \quad (13)$$

$$\Delta E = ET_o \cdot \left(\frac{m}{20}\right) \cdot (18 - n) \rightarrow (E = \Delta E) \quad (14)$$

Keterangan:

Ea = Evapotranspirasi aktual (mm/bulan)

Et = Evapotranspirasi terbatas (mm/bulan)

ET_o = Evapotranspirasi potensial *Thorntwaite* (mm/bulan)

m = Nilai *exposed surface*, ditaksir dari peta tata guna lahan

n = Jumlah hari hujan dalam sebulan

2. Infiltrasi

Bambang Triatmodjo (2010), menyatakan bahwa infiltrasi adalah jumlah air yang masuk melalui permukaan tanah per satuan waktu, dinyatakan dalam mm/jam atau cm/jam. Menurut Mock (1973)

besarnya infiltrasi adalah *water surplus* (*WS*) dikalikan koefisien *infiltrasi* (*if*) (Muchlisin, 2015):

$$\text{Infiltrasi } (I) = Ws \cdot If \quad (15)$$

Keterangan :

I = Infiltrasi (mm/jam)

Ws = Kelebihan air (*Water Surplus*)

If = Koefisien infiltrasi

Koefisien infiltrasi sangat dipengaruhi oleh kondisi porositas maupun kemiringan daerah pengaliran. Nilai koefisien infiltrasi berkisar antara 0,20 ~ 0,50. Besarnya koefisien infiltrasi sangat tergantung dari kondisi alam, yakni: jenis tanah, kemiringan muka tanah dan jenis tutupan lahan atau tata guna lahan (Mock, 1973 dalam Muchlisin, 2015).

a. Nilai koefisien *infiltrasi rendah* bilamana kondisi alamnya sebagai berikut:

- Jenis tanah pada permukaan (*top soil*) merupakan tanah berat (*heavy soil*) atau merupakan jenis batuan padat.
- Kemiringan permukaan tanah terjal
- Kondisi tutupan lahan terbuka / gundul.

b. Nilai koefisien infiltrasi tinggi bilamana kondisi alamnya sebagai berikut:

- Jenis tanah pada permukaan (*top soil*) merupakan tanah ringan (*light soil*) atau merupakan jenis batuan lepas

- Kemiringan permukaan tanah relatif landai / datar
- Kondisi tutupan lahan tertutup vegetasi.

Infiltrasi terus terjadi sampai mencapai zona tampungan air tanah (simpanan air tanah/*groundwater storage*, disingkat GS). Dalam Metoda ini, besarnya GS dipengaruhi oleh:

- Infiltrasi (i). Semakin besar infiltrasi maka *groundwater storage* semakin besar pula, dan begitu pula sebaliknya.
- Konstanta resesi aliran bulanan (K). Konstanta resesi aliran bulanan (*monthly flow recession constan*) disimbolkan dengan K adalah proporsi dari air tanah bulan lalu yang masih ada bulan sekarang. Nilai K ini cenderung lebih besar pada bulan basah. Berdasar metode Mock besaran nilai K antara 0-1.
- Tampungan air permulaan $V(n-1)$. Nilai ini diasumsikan sebagai konstanta awal, dengan anggapan bahwa *water balance* merupakan siklus tertutup yang ditinjau selama rentang waktu menerus tahunan tertentu. Dengan demikian maka nilai asumsi awal bulan pertama tahun pertama harus dibuat sama dengan nilai bulan terakhir tahun terakhir. Nilai tampungan air permulaan didasarkan faktor kelengasan tanah. Lengas tanah dalam hidrologi merupakan suatu reservoir penyimpanan yang naik turun secara cepat darimana air diserap oleh akar-akar tanaman untuk transpirasi, dan oleh evaporasi langsung dari permukaan (Lee, 1980). Tabel berikut ini merupakan nilai kelengasan tanah dari kelas tekstur tanah.

Tabel 6. Lengas Tanah (Milimeter per Meter Jeluk Tanah)

Kelas Tekstur	Kapasitas Lapangan	Titik Layu	Air Tersedia
Pasir	100	25	75
Pasir halus	116	33	83
Lempung berpasir	158	50	108
Lempung halus berpasir	217	67	150
Lempung	267	100	167
Lempung berdebu	283	116	167
Lempung ringan liat	300	133	167
Lempung berliat	317	150	167
Lempung liat berat	325	175	150
Liat	325	208	117

Sumber: Lee Richard, 1980

3. Penyimpanan Air Tanah (*Ground Water Storage*)

Penyimpanan air tanah adalah perbedaan antara pengisian ulang dan pelepasan selama jangka waktu terjadinya proses ini, mulai dari beberapa hari hingga ribuan tahun. Perubahan pada permukaan air tanah dan permukaan air pada akhirnya dapat mengubah interaksi antara air tanah dan air permukaan (Hanson, 2012).

Penyimpanan air tanah besarnya tergantung dari kondisi geologi setempat dan waktu. Sebagai permulaan harus ditentukan penyimpanan awal (*initial storage*) terlebih dahulu. Metoda Mock adalah metoda untuk menghitung debit yang didasarkan pada neraca air. Oleh sebab itu, batasan-batasan *water balance* ini harus dipenuhi. Salah satunya adalah bahwa perubahan penyimpanan air tanah (DVn) selama rentang waktu tahunan tertentu adalah nol, atau (misalnya

untuk 1 tahun). Mock (1973) merumuskan besaran penyimpanan air tanah (*Ground Water Storage*) sebagai berikut (Muchlisin, 2015):

$$V_n = (K \cdot V_{n-1}) + (0,5 \cdot (1 + K) \cdot I) \quad (16)$$

$$DV_n = V_n - V_{n-1} \quad (17)$$

Keterangan:

V_n = Volume air tanah penyimpanan air tanah

K = Konstanta resesi aliran tanah

V_{n-1} = Tampung air permulaan

DV_n = Perubahan penyimpanan air tanah

4. Aliran Limpasan (*Runoff*)

Limpasan (*Runoff*) terjadi karena air hujan yang telah mengalami evapotranspirasi, dimana air hujan yang jatuh ke permukaan tanah akan meresap ke tanah (*infiltrasi*) dan selebihnya akan mengalir menjadi limpasan permukaan (*surface runoff*). *Infiltrasi* ini pertama-tama akan menjenuhkan *top-soil* dulu baru kemudian menjadi perkolasi ke tampungan air tanah yang nantinya akan keluar ke sungai sebagai *base flow*. Di daerah hulu DAS (pegunungan) limpasan permukaan dapat masuk ke sungai dengan cepat yang dapat menyebabkan debit air meningkat (Triatmodjo, 2010). Untuk menentukan koefisien aliran permukaan suatu DAS (C_{DAS}) dari berbagai macam penggunaan/tutupan lahan, maka nilai C_{DAS} dapat diperoleh menggunakan persamaan berikut (Muchlisin, 2015):

$$C_{DAS} = \frac{A_1 \cdot C_1 + A_2 \cdot C_2 + \dots + A_n \cdot C_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (18)$$

Keterangan:

C_{DAS} = Koefisien aliran permukaan DAS

C_1 = Koefisien aliran permukaan jenis penutup lahan i

A_1 = Luas penutup lahan dengan jenis penutup lahan i

n = Jumlah jenis penutup lahan

Tabel 7. Koefisien Aliran Permukaan

Penutup Lahan	Harga C
Hutan lahan kering sekunder	0,03
Semak belukar	0,07
Hutan primer	0,02
Hutan tanaman industri	0,05
Savana/Padang rumput	0,1
Perkebunan	0,4
Pertanian lahan kering	0,1
Pertanian lahan kering campur semak	0,1
Permukiman	0,6
Sawah	0,15
Tambak	0,05
Lahan Terbuka	0,2
Perairan	0,05

Sumber: Kodoatie dan Syarieff, 2005

Komponen-komponen yang mempengaruhi terhadap limpasan berasal dari dari 3 sumber yaitu aliran antara (*Interflow*), aliran dasar (*Base flow*), aliran permukaan (*Surface runoff*) atau aliran yang juga disebut aliran langsung (*Direct runoff*). Besarnya aliran tersebut dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Venansius, 2020):

$$Bf = I - DVn \quad (19)$$

$$DR = Ws - I \quad (20)$$

$$R = Bf + DR \quad (21)$$

Keterangan:

BF = Aliran dasar (*Base flow*)

DR = Aliran Langsung (*Direct runoff*)

R = Total aliran sungai/Limpasan (*Runoff*)

I = Infiltrasi

Ws = Kelebihan air (*Water surplus*)

DVn = Perubahan penyimpanan air tanah

5. Debit Sungai

Debit adalah volume aliran yang mengalir melalui sungai per satuan waktu. Besarnya biasanya dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik ($m^3/detik$) (Soewarno 1991 dalam Pradityo 2011). Data debit air sungai berfungsi memberikan informasi mengenai jumlah air yang mengalir pada waktu tertentu. Oleh karena itu, data debit air berguna untuk mengetahui cukup tidaknya penyediaan air untuk berbagai keperluan (domestik, irigasi, pelayaran, tenaga listrik, dan industri) pengelolaan DAS (Daerah Aliran Sungai), pengendalian sedimen, prediksi kekeringan, dan penilaian beban pencemaran air.

Tutupan hutan berpengaruh terhadap tinggi-rendahnya debit air. Asdak (1995) dalam Pradityo (2011) menyatakan bahwa tutupan hutan dapat menghasilkan debit yang rendah disebabkan oleh meningkatnya

stabilitas tanah karena tingginya kapasitas infiltrasi, adanya perlindungan dari tutupan tajuk pohon, tingginya konsumsi air tanah oleh akar pohon.

Beberapa metode dapat dilakukan untuk mengetahui debit andalan ini seperti metode Mock, pengukuran langsung dan dengan memasang alat pengukur debit *Automatic Water Level Record* (Sutapa 2009). Metode Mock menganggap bahwa hujan yang jatuh pada *catchment area* sebagian akan hilang sebagai evapotranspirasi, sebagian akan langsung menjadi *direct run off* dan sebagian lagi akan masuk ke dalam tanah (infiltrasi). Infiltrasi ini pertama-tama akan menjenuhkan top-soil dulu baru kemudian menjadi perkolasi ke tampungan air tanah yang nantinya akan keluar ke sungai sebagai *base flow*. Dalam hal ini harus ada keseimbangan antara hujan yang jatuh dengan evapotranspirasi, *direct run off* dan infiltrasi sebagai *soil moisture* dan *ground water discharge*. Metode ini didasarkan pada parameter data hujan, evapotranspirasi dan karakteristik DAS setempat. Besarnya debit sungai menggunakan metode Mock (1973) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Q = \frac{R \times A}{86400 \times h} \quad (22)$$

Keterangan :

Q = Debit sungai (m^3/dtk)

R = Toal aliran Sungai (m^3/dtk)

A = Luas Daerah Aliran Sungai/*Catchment Area* (km^2)

h = Jumlah hari dalam 1 bulan

86400 = Jumlah detik dalam 1 hari

D. Koefisien Regim Sungai

Banjir dalam pengertian umum adalah debit aliran air sungai dalam jumlah yang tinggi, atau debit aliran air di sungai secara relatif lebih besar dari kondisi normal akibat hujan yang turun di hulu atau di suatu tempat tertentu terjadi secara terus menerus, sehingga air tersebut tidak dapat ditampung oleh alur sungai yang ada, maka air melimpah keluar dan menggenangi daerah sekitarnya. Banjir bandang adalah banjir besar yang datang dengan tiba-tiba dan mengalir deras menghanyutkan benda-benda besar seperti kayu dan sebagainya. Dengan demikian banjir harus dilihat dari besarnya pasokan air banjir yang berasal dari air hujan yang jatuh dan diproses oleh DTA-nya (*catchment area*), serta kapasitas tampung palung sungai dalam mengalirkan pasokan air tersebut. Perubahan penutupan lahan di DAS dari hutan ke lahan terbuka atau pemukiman, menyebabkan air hujan yang jatuh di atasnya secara nyata meningkatkan aliran permukaan (*runoff*) yang selanjutnya bisa memicu terjadinya banjir di hilir (Firiatus, 2014).

Kekeringan adalah sebagai suatu periode dimana lengas tanah tidak cukup memenuhi kebutuhan air tanaman sehingga pertumbuhannya tetap/mati. Definisi kekeringan hidrologis adalah suatu periode di mana aliran sungai di bawah normal dan atau bila tampungan air untuk waduk tidak ada (habis). Kekeringan sosial ekonomi adalah hasil proses fisik

yang terkait dengan aktivitas manusia yang terkena dampak kekeringan (Fitriatus,2014).

Dengan mengacu pada definisi banjir dan kekeringan seperti disebutkan diatas, maka penilaian indikator debit air sungai (banjir dan kekeringan) di DAS menggunakan nilai parameter koefisien regim sungai (KRS). Koefisien regim sungai (KRS) adalah perbandingan antara debit maksimum (Qmaks) dengan debit minimum (Qmin) dalam suatu DAS. Dihitung menggunakan rumus: (Menteri Kehutanan No 52/Kpts-II/2001).

$$KRS = \frac{Q_{maks}}{Q_{min}} \quad (23)$$

Keterangan:

KRS = Koefisien regim sungai

Qmaks = Debit rata-rata tahunan tertinggi (m^3/dtk)

Qmin = Debit rata-rata tahunan terendah (m^3/dtk)

Data Qmaks dan Qmin diperoleh dari nilai rata-rata debit tahunan (Q) dari hasil pengamatan SPAS di DAS/SubDAS yang dipantau atau hasil pemodelan hidrologi suatu DAS. Klasifikasi nilai KRS untuk menunjukkan karakteristik tata air DAS disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Klasifikasi Koefisien Regim Sungai

No.	Nilai Koefisien Regim Sungai	Kriteria	Skor
1.	<50	Baik	1
2.	50-120	Sedang	3
3.	>120	Jelek	5

Sumber: Keputusan Menteri Kehutanan No 52/Kpts-II/2001

E. Sistem Klasifikasi Tanah di Lapangan

Tanah merupakan lapisan teratas lapisan bumi. Tanah memiliki ciri khas dan sifat-sifat yang berbeda antara tanah di suatu lokasi dengan lokasi yang lain. Tanah adalah lapisan permukaan bumi yang berasal dari material induk yang telah mengalami proses lanjut, karena perubahan alami di bawah pengaruh air, udara, dan macam-macam organisme baik yang masih hidup maupun yang telah mati. Tingkat perubahan terlihat pada komposisi, struktur dan warna hasil pelapukan (Fauizek dkk, 2018).

Klasifikasi tanah adalah ilmu yang berhubungan dengan kategorisasi tanah berdasarkan karakteristik yang membedakan masing-masing jenis tanah. Klasifikasi tanah merupakan sebuah subjek yang dinamis yang mempelajari struktur dari sistem klasifikasi tanah, definisi dari kelas-kelas yang digunakan untuk penggolongan tanah, kriteria yang menentukan penggolongan tanah, hingga penerapannya di lapangan (Darwis, 2018).

Klasifikasi tanah dapat dilakukan secara sistimatik yang didasarkan pada hasil-hasil percobaan laboratorium atau dilakukan secara visual. Dalam kedua cara ini, prinsip-prinsipnya sama, dan akan menghasilkan deskripsi atau klasifikasi yang sama pula. Insinyur geoteknik umumnya mengklasifikasikan tanah berdasarkan karakteristik tekniknya dan hubungannya dalam membangun pondasi dan bangunan di atasnya. Sistem klasifikasi modern didesain untuk memudahkan perkiraan sifat dan perilaku tanah berdasarkan observasi di lapangan (Darwis, 2018).

Menurut Sukarman dalam bukunya tentang pedoman pengamatan tanah di lapangan (2017), untuk menentukan kelas tekstur tanah di lapangan dilakukan dengan cara merasakan atau meremas contoh tanah antara ibu jari dan telunjuk. Caranya adalah sebagai berikut :

Ambil segumpal tanah kira-kira sebesar kelereng, basahi dengan air sehingga tanah bisa ditekan. Pijit contoh tanah dengan ibu jari dan telunjuk, kemudian buatlah contoh tanah tersebut berbentuk benang sambil dirasakan. Langkah pertama yang perlu ditetapkan adalah apakah tanah tersebut bertekstur liat, lempung berliat, lempung, atau pasir.

- a. Jika bentukan benang tersebut terbentuk dengan mudah dan tetap merupakan pita panjang, maka contoh tanah tersebut kemungkinan adalah liat.
- b. Jika benang terbentuk tapi mudah patah, kemungkinan lempung berliat.
- c. Jika tidak terbentuk benang, kemungkinan lempung atau pasir.

Untuk membedakan pasir atau debu yang dominan dapat dilakukan dengan cara: jika terasa lembut (halus dan licin) seperti tepung, maka debu yang dominan, tetapi kalau terasa berbentuk butir-butir maka yang dominan adalah pasir.

Untuk menentukan kelas tekstur selanjutnya, dapat digunakan pedoman penetapan tekstur di lapangan seperti yang tertera pada Tabel 9. Untuk dapat secara tepat menetapkan tekstur dengan cara perasaan di lapangan diperlukan pengalaman.

Tabel 9. Penetapan kelas tekstur di lapangan menurut perasaan jari tangan

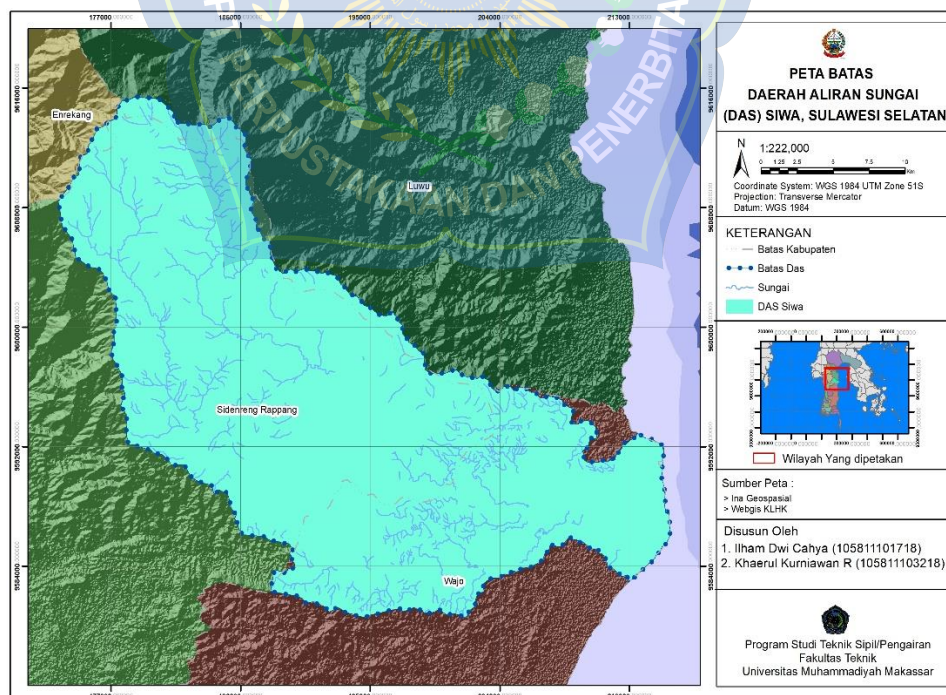
Kelas Tekstur	Rasa dan Sifat Tanah
Pasir (S)	Sangat kasar sekali, tidak membentuk bola dan gulungan serta tidak melekat.
Pasir berlempung (LS)	Sangat kasar, membentuk bola yang mudah sekali hancur serta agak melekat.
Lempung berpasir (SL)	Agak kasar, membentuk bola agak keras tetapi mudah hancur, serta melekat.
Lempung (L)	Rasa tidak kasar dan tidak licin, membentuk bola teguh, dapat sedikit digulung dengan permukaan mengkilat, serta melekat.
Lempung berdebu (SiL)	Licin, membentuk bola teguh, dapat sedikit digulung dengan permukaan mengkilat, serta melekat.
Debu (Si)	Rasa licin sekali, membentuk bola teguh, dapat sedikit digulung dengan permukaan mengkilat, serta agak melekat.
Lempung berliat (CL)	Rasa agak kasar, membentuk bola agak teguh (kering), membentuk gulungan jika dipirid tetapi mudah hancur, serta melekat sedang.
Lempung liat berpasir (SCL)	Rasa kasar agak jelas, membentuk bola agak teguh (kering), membentuk gulungan jika dipirid tetapi mudah hancur dan melekat.
Lempung liat berdebu (SiCL)	Rasa licin jelas, membentuk bola teguh, gulungan mengkilat, melekat.
Liat berpasir (SC)	Rasa licin agak kasar, membentuk bola dalam keadaan kering sukar dipijit, mudah digulung serta melekat sekali.
Liat berdebu (SiC)	Rasa agak licin, membentuk bola dalam keadaan kering, sukar dipijit, mudah digulung, serta melekat sekali.
Liat (C)	Rasa berat, membentuk bola sempurna, bila kering sangat keras, sangat melekat.

Sumber : Sukarman dkk (2017)

BAB III. METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Studi ini akan dilaksanakan di DAS Siwa yang merupakan salah satu *catchment area* yang terletak di Kabupaten Wajo dan Kabupaten Sidenreang Rappang. Lokasi penelitian ini berada di sebelah utara Kota Makassar dengan jarak ± 240 Km. Sebelah utara DAS Siwa berbatasan langsung dengan Kabupaten Luwu dan Kabupaten Enrekang. DAS Siwa mempunyai luas aliran sebesar 683,44 km² yang mengalir melintasi Kel. Bulete, Kel. Tobarakka, Kel. Siwa, Kel. Benteng, Desa Lauwa, Desa Tanrongi, Desa Simpellu, Desa Lompoloang, Desa Abbanderange, dan Desa Marannu Kabupaten Wajo. Lokasi penelitian ini dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Peta lokasi penelitian (*Sumber : citra satelit via ArcGis*)

B. Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama 10 (sepuluh) bulan yaitu pada bulan Juli 2024 sampai dengan bulan Mei 2025. Pada bulan pertama dan kedua dilakukan pengusulan judul penelitian dan pengurusan administrasi, pada bulan ketiga dilakukan studi literatur dan pengumpulan data, bulan keempat dan kelima dilakukan analisis data, dan pada bulan keenam dilakukan proses penyelesaian penelitian.

C. Jenis Penelitian dan Sumber Data

1. Jenis Penelitian

Berdasarkan data-data yang diperoleh dari penelitian ini dimana sebagian besar data tersebut berbentuk angka dan bersifat kuantitatif, maka jenis penelitian ini mengacu pada jenis penelitian deskriptif dan penelitian eksploratif dengan menggunakan pendekatan kuantitatif. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menjelaskan dampak kondisi vegetasi terhadap parameter-parameter hidrologi seperti *runoff* (aliran permukaan), infiltrasi air ke dalam tanah, evapotranspirasi dan intersepsi air hujan oleh vegetasi. Penelitian ini akan menggambarkan bagaimana kondisi tutupan vegetasi *catchment area* DAS Siwa seperti jenis tanaman, kepadatan vegetasi, karakteristik tanah dan ekosistem yang ada dapat berdampak terhadap parameter-parameter hidrologi yang dapat mempengaruhi kualitas dan kuantitas air di DAS Siwa. Hasil dari penelitian ini dapat menjadi dasar bagi perencanaan pengelolaan sumber daya alam dan mitigasi bencana di DAS Siwa,

seperti banjir dan kekeringan, serta dalam upaya konservasi tanah dan air. Data tentang tutupan vegetasi dan karakteristik tanah yang ada di *catchment area* DAS Siwa akan dikumpulkan melalui observasi lapangan.

2. Sumber Data

Sumber data yang diperlukan dalam penelitian ini diambil dari:

- a. Data primer dalam penelitian ini, yakni data hasil observasi lapangan berupa informasi terkait dengan pengelolaan DAS dan dokumentasi beberapa penggunaan lahan yang ada di DAS Siwa.
- b. Data sekunder, yakni data yang diperoleh dari instansi-instansi terkait berupa data rerata curah hujan bulanan selama 10 tahun, rerata suhu bulanan selama 10 tahun, peta batas administrasi dan jenis tanah DAS Siwa. Selain itu data sekunder dalam penelitian ini dapat diperoleh dari akses internet berupa citra satelit.
- c. Data curah hujan yang akan digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari 3 stasiun curah hujan yang terletak di *catchment area* DAS Siwa, yaitu: stasiun curah hujan Siwa, Bulutimorang dan Talangriaja. Untuk data rerata suhu bulanan diperoleh dari stasiun klimatologi Maros.

D. Alat dan Bahan Penelitian

Untuk memudahkan penelitian ini dilakukan rancangan penelitian yang meliputi persiapan alat dan bahan. Uraian mengenai alat dan bahan disusun sebagai berikut :

1. Alat :

- a. *Hard ware* : GPS, Pc Komputer, dan printer
- b. *Soft ware* : ArcGis, Ms. Word, Excel dan Power point
- c. Alat tulis
- d. Kalkulator
- e. Kamera

2. Bahan :

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa data-data sekunder yang telah dikumpulkan.

E. Tahapan Penelitian

Adapun tahapan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Persiapan

Kegiatan pada tahap ini adalah pengurusan berkas administrasi untuk melaksanakan penelitian dan konsultasi dengan pihak-pihak terkait baik institusi maupun narasumber yang mempunyai kegiatan di lokasi studi yang berhubungan dengan kondisi hidrologi, pengelolaan DAS, dan topik terkait lainnya.

2. Pengumpulan Data

Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini adalah pengumpulan data-data sekunder. Data yang dikumpulkan berasal dari instansi terkait berupa data-data maupun arsip atau peta. Selain itu data juga diperoleh dari akses internet, serta kajian kepustakaan berupa referensi dari buku

bacaan/jurnal hasil penelitian-penelitian sebelumnya yang memiliki keterkaitan dengan penelitian ini.

3. Analisis Data

Kegiatan pada tahap ini adalah mengkaji vegetasi tutupan lahan yang ada di lokasi penelitian menggunakan software ArcGis. Selain itu analisis data juga dilakukan dengan menghitung parameter-parameter hidrologi menggunakan metode perhitungan yang bersumber dari referensi buku bacaan dan juga jurnal hasil penelitian-penelitian sebelumnya yang memiliki keterkaitan dengan penelitian ini..

4. Interpretasi Data

Tahap interpretasi data meliputi kegiatan pengamatan semua data yang telah dianalisis untuk mengetahui dampak yang ditimbulkan terkait vegetasi tutupan lahan di lokasi pengamatan terhadap parameter-parameter hidrologi yang telah dianalisis.

5. Penyelesaian

Tahap penyelesaian meliputi kegiatan penyusunan semua data untuk menarik kesimpulan terhadap penelitian yang telah dilakukan serta melakukan pengecekan agar hasil penelitian valid dan dapat memberikan saran.

F. Analisis Data

1. Analisis Vegetasi Tutupan Lahan

- a. Interpretasi dan mendigitasi *on screen* obyek yang ada pada citra landsat 8 untuk mendapatkan cahaya merah dan inframerah dekat (NIR).
- b. Menghitung nilai *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) menggunakan persamaan (1): $NDVI = \frac{Band5 - Band4}{Band5 + Band4}$ untuk mengetahui tingkat kerapatan vegetasi..
- c. Pengisian data atribut sesuai dengan jenis klasifikasi penggunaan/tutupan lahan dan kerapatan vegetasi ke dalam setiap hasil polygon digitasi citra dengan membuat *field* luas tutupan lahan dan kerapatan vegetasi.
- d. Overlay hasil digitasi citra Landsat 8 dengan peta batas DAS menggunakan software ArcGis 10.0 untuk mengetahui luas, bentuk dan kerapatan vegetasi tutupan lahan.
- e. Menghitung Indeks Tutupan Lahan oleh vegetasi (IPL) menggunakan persamaan (2): $IPL = \frac{LVP}{Luas\ DAS} \times 100\%$

2. Analisis Data Hidrologi dan Klimatologi

- a. Analisis curah hujan rerata daerah metode Polygon Thiessen menggunakan persamaan (6): $\bar{P} = \frac{A_1p_1 + A_2p_2 + A_3p_3 + \dots + A_n p_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n}$
- b. Karena tidak tersedianya data suhu udara di 3 pos curah hujan yang menjadi lokasi pengamatan, maka dilakukan pendugaan suhu udara dari stasiun terdekat dengan mempertimbangkan faktor ketinggian

tempat. Untuk penyesuaian ini digunakan cara Mock (1973) yang ada pada persamaan (7): $\Delta T = 0,006(z_1 - z_2)^\circ\text{C}$

- c. Menghitung evapotranspirasi potensial metode *Thornthwaite* yang ada pada persamaan (9): $ET_{ox} = 16 \cdot \left(\frac{10 \cdot T_m}{I}\right)^a$

3. Analisis Parameter Hidrologi

Salah satu model hidrologi yang biasa digunakan untuk menghitung debit sungai yaitu metode Mock. Metode Mock merupakan metode yang dikembangkan mengarah kepada prinsip neraca air dengan memperhitungkan parameter-parameter hidrologi dan karakteristik hidrologi DAS. Perhitungan metode Mock dibagi dalam 5 perhitungan utama, yaitu:

- a. Menghitung evapotranspirasi aktual menggunakan persamaan (12):

$$Ea = ET_o - \Delta E$$

- b. Menghitung keseimbangan air menggunakan persamaan (5): $WS =$

$$(P - Et) - SS$$

- c. Menghitung infiltrasi dan penyimpanan air tanah menggunakan

persamaan (14): $Infiltrasi (I) = Ws \cdot If$ dan persamaan (15):

$$V_n = (K \cdot V_{n-1}) + (0,5 \cdot (1 + K) \cdot I)$$

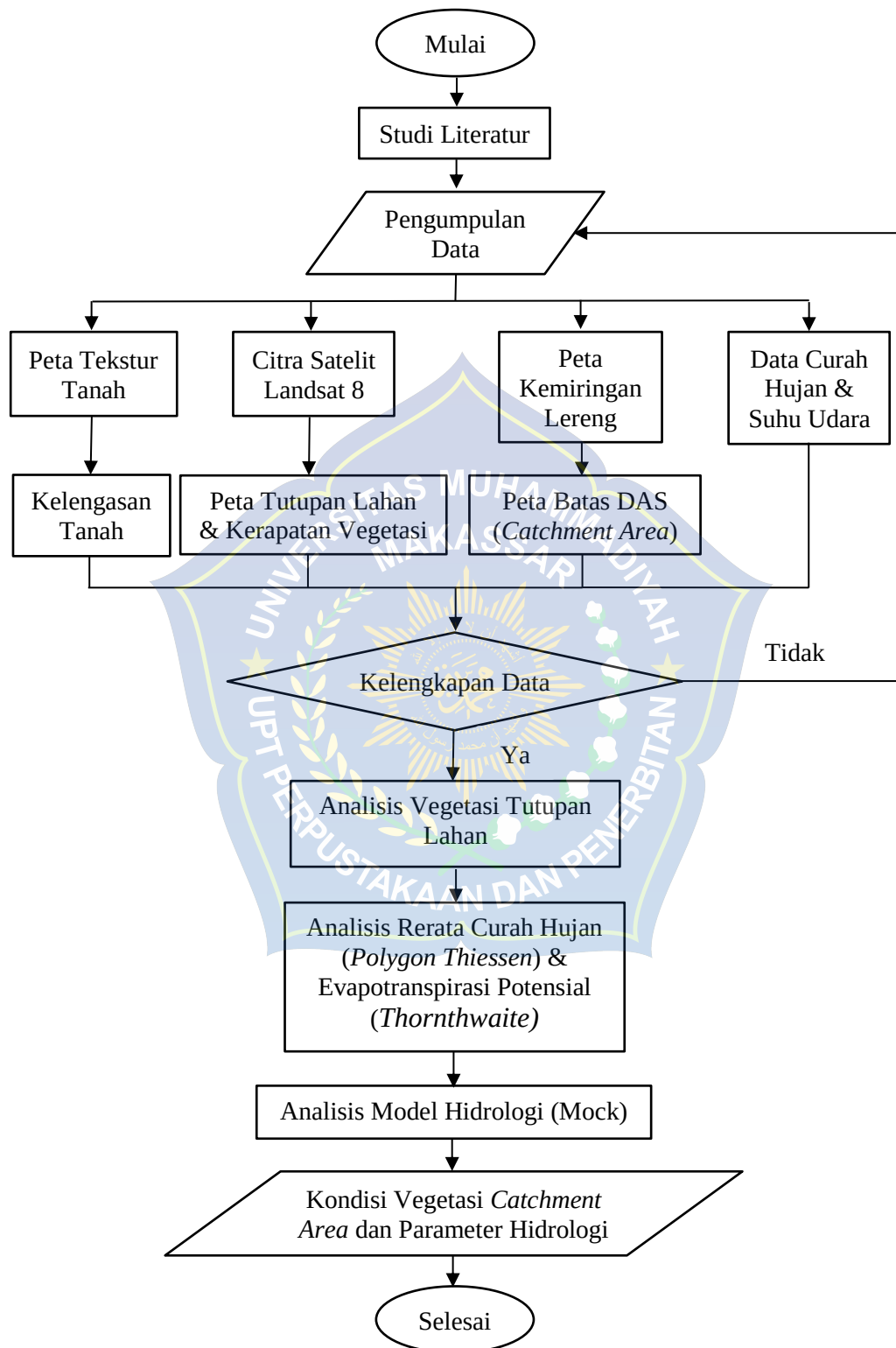
- d. Menghitung total aliran limpasan (*Runoff*) menggunakan

$$persamaan (20): R = Bf + DR$$

- e. Menghitung debit sungai efektif menggunakan persamaan (21):

$$Q = \frac{R \times A}{86400 \times h}$$

G. Flowchart Penelitian

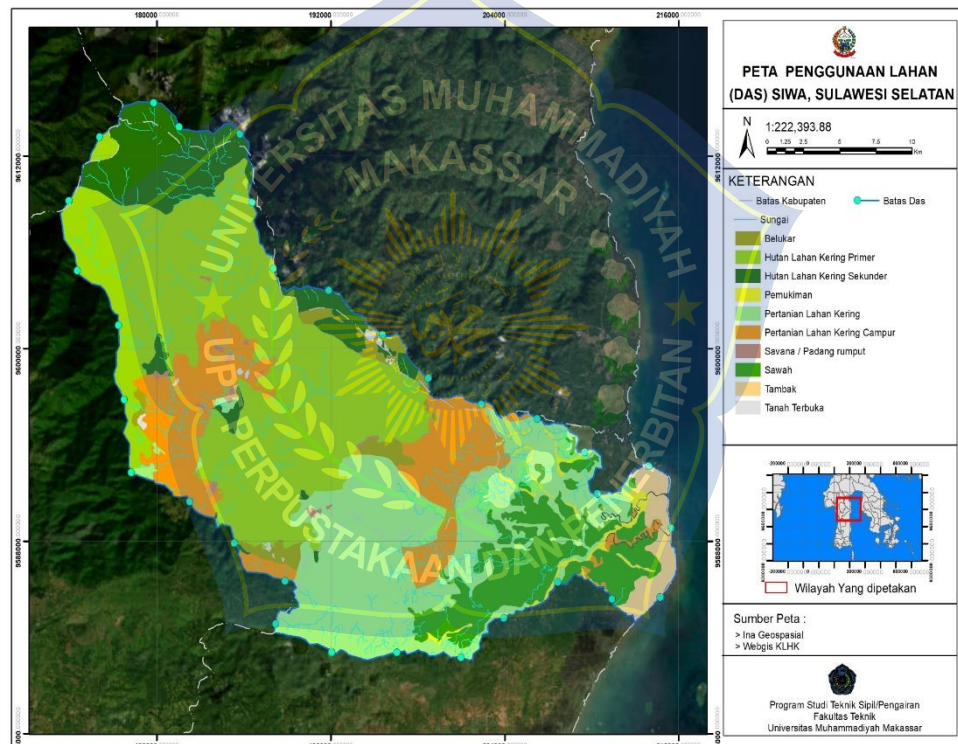


Gambar 5. Bagan alur penelitian

BAB IV. HASIL & PEMBAHASAN

A. Analisis Vegetasi Tutupan Lahan

Peta tutupan lahan eksisting yang digunakan berdasarkan peta tutupan lahan yang diperoleh dari WebGis KLHK dan hasil analisis foto udara atau citra satelit yang kemudian di overlay dengan peta batas wilayah DAS Siwa menggunakan software ArcGis 10.0. Untuk peta tutupan lahan eksisting dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Peta tutupan lahan DAS Siwa (Sumber: ArcGis)

Berdasarkan peta tutupan lahan eksisting, diperoleh 10 jenis tutupan lahan. Untuk luas masing-masing tutupan lahan yang ada di DAS Siwa dapat dilihat pada tabel 10.

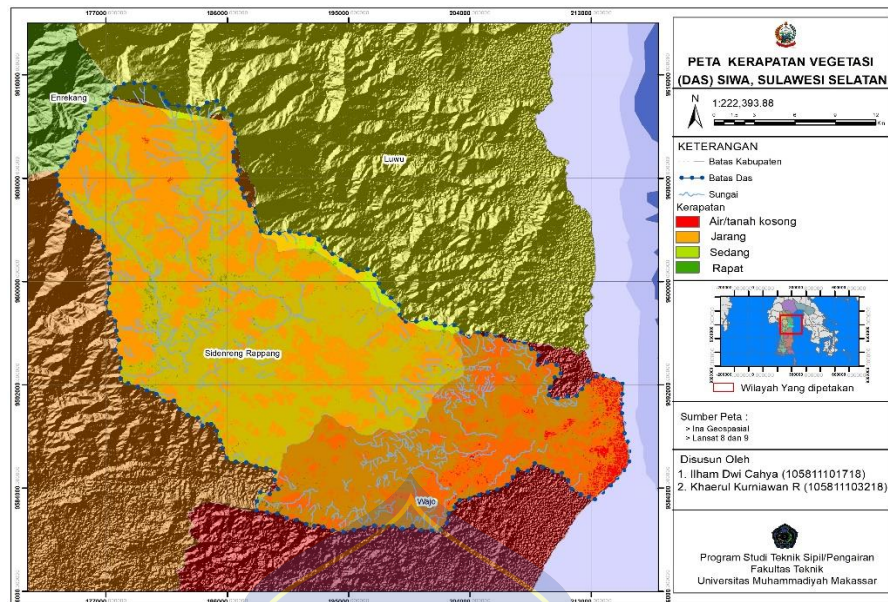
Tabel 10. Data Tutupan Lahan DAS Siwa

No.	Tutupan Lahan	Luas (km ²)	%
1.	Hutan lahan kering primer	272,492	39,9%
2.	Hutan lahan kering sekunder	65,541	9,6%
3.	Permukiman	9,204	1,3%
4.	Semak belukar	15,406	2,3%
5.	Pertanian lahan kering	139,656	20,4%
6.	Pertanian lahan kering campur	95,92	14,0%
7.	Savana/padang rumput	2,951	0,4%
8.	Sawah	65,298	9,6%
9.	Tambak	15,202	2,2%
10.	Tanah terbuka	1,776	0,3%
	Jumlah	683,446	100%

Berdasarkan tabel 10, tutupan lahan di DAS Siwa dengan nilai persentase tertinggi yaitu hutan lahan kering primer dengan luas 272,492 km². Dalam studi ini parameter-parameter yang dikaji untuk analisis vegetasi tutupan lahan DAS Siwa antara lain: kerapatan vegetasi dan indeks penutupan lahan oleh vegetasi (IPL).

1. Kerapatan Vegetasi

Dalam studi ini untuk menganalisis tingkat kerapatan vegetasi di DAS Siwa menggunakan teknologi penginderaan jauh yaitu Sistem Informasi Geografis (SIG). Berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan diperoleh peta tingkat kerapatan vegetasi DAS Siwa yang ada pada gambar 7.



Gambar 7. Peta tingkat kerapatan vegetasi (Sumber: ArcGis)

Tingkat kerapatan vegetasi pada gambar 7. Diperoleh dari hasil perhitungan algoritma NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) menggunakan ENVI 4.6.1 dengan membandingkan band 5 dan band 4 citra landsat 8. Dari nilai NDVI hasil analisis data yang dilakukan diperoleh tingkat kerapatan air/tidak bervegetasi yaitu, $-0,351 - 0,004$ dengan luas $7,472 \text{ km}^2$. Untuk klasifikasi tingkat kerapatan vegetasi DAS Siwa dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11. Klasifikasi Tingkat Kerapatan Vegetasi

No.	Tingkat Kerapatan	Nilai NDVI	Warna	Luas (km ²)	%
1.	Air/Tak Bervegetasi	$-0,351 - 0,004$	Merah	7,472	1,1%
2.	Jarang	$0,004 - 0,252$	Orange	253,236	37,1%
3.	Sedang	$0,252 - 0,424$	Hijau Muda	414,453	60,6%
4.	Rapat	$0,424 - 0,545$	Hijau Tua	8,285	1,2%

Berdasarkan tabel 11. lahan bervegetasi di DAS Siwa masih mendominasi terutama pada indeks kerapatan sedang dengan luas 414,453 km² 60,6% dari total luas keseluruhan DAS Siwa.

2. Indeks Penutupan Lahan Oleh Vegetasi (IPL)

Indeks penutupan lahan oleh vegetasi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2). Vegetasi yang dimaksudkan adalah tanaman tahunan seperti vegetasi hutan atau kebun yang dapat berfungsi untuk konservasi atau secara tidak langsung mempunyai dampak terhadap kondisi hidrologi DAS Siwa, sehingga tidak dipanen atau tidak ditebang.

$$\begin{aligned} \text{LVP} &= \text{Luas Hutan Primer} + \text{Luas Hutan Sekunder} \\ &= 272,492 + 65,541 \\ &= 318,033 \text{ km}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Luas DAS} = 683,446 \text{ km}^2$$

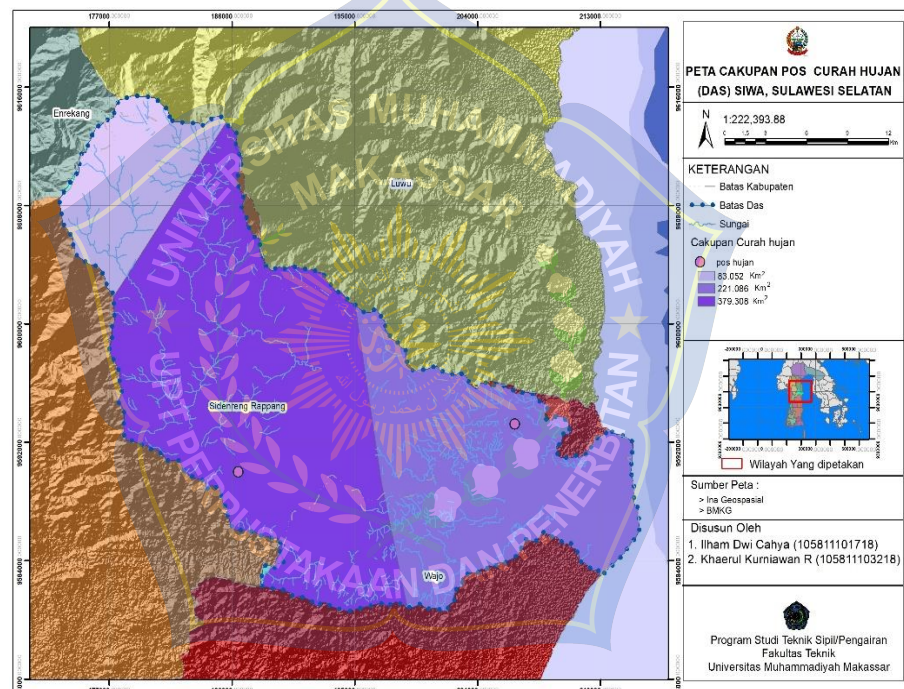
$$\text{IPL} = \frac{318,033}{683,446} \times 100\% = 49,5\%$$

Dari hasil perhitungan nilai Indeks Penutupan Lahan (IPL) dengan melihat tabel 2 (Klasifikasi nilai indeks penutupan lahan), didapat bahwa untuk parameter IPL DAS Siwa termasuk dalam kelas sedang dengan skor 3. Dengan kondisi tutupan lahan seperti ini, maka secara otomatis luas hutan yang berfungsi sebagai *cathment area* masih cukup terjaga kelestariannya dan secara tidak langsung akan berdampak positif terhadap parameter hidrologi yang akan mempengaruhi kondisi tata air di DAS Siwa.

B. Analisis Data Hidrologi

1. Metode Polygon Thiessen

Dalam menentukan curah hujan terlebih dahulu ditentukan luas DAS, yaitu di ambil beberapa pos curah hujan terdekat yang dianggap berpengaruh dan mewakili kawasan terdekat dengan menggunakan metode Polygon Thiessen. Pos curah hujan yang ada di DAS Siwa diantaranya yaitu pos curah hujan Siwa, Bulutimorang dan Talangriaja.



Gambar 8. Peta wilayah pengaruh pos curah hujan (*Sumber: ArcGis*)

Berdasarkan hasil analisa dengan Polygon Thiessen pada gambar 8 diperoleh luasan pengaruh pos curah hujan Siwa yaitu 221,086 km² dan nilai persentase yaitu 32,35% dari total luas DAS Siwa secara keseluruhan. Untuk luasan pengaruh masing-masing pos curah hujan dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 12. Luasan Stasiun Hujan Polygon Thiessen

No.	Stasiun Hujan	Luasan (km ²)	Persentase (%)
1.	Siwa	221,086	32,35%
2.	Talangriaja	83,052	12,15%
3.	Bulutimorang	379,308	55,50%
Total		683,446	100%

Sumber: Hasil Perhitungan

2. Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah

Pada DAS Siwa terdapat beberapa stasiun penakar atau pencatat curah hujan, oleh sebab itu untuk mendapatkan harga curah hujan area, maka diambil harga rerata curah hujan dari masing-masing pos curah hujan yang telah dikumulatikan dan dikalikan prosentase luas wilayah pos curah hujan. Berdasarkan data dari BBWS Pompengan-Jeneberang Kota Makassar tahun 2025, diperoleh data hujan bulanan pada masing-masing stasiun penakar hujan sebagai berikut:

Tabel 13. Data Hujan Pos Curah Hujan Siwa

Tahun	Curah Hujan Bulanan (mm)											
	Jan	Feb	Mar	April	Mei	Jun	Juli	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
2014	349	161	281	303	7	10	84	0	0	464	347	523
2015	818	558	617	326	292	120	81	0	0	0	0	609
2016	859	124	0	241	82	167	13	0	0	134	430	968
2017	684	919	508	120	45	75	36	13	12	152	468	559
2018	368	543	375	143	103	7	0	0	0	0	3	287
2019	419	158	248	154	15	22	0	0	0	0	167	462
2020	458	408	327	30	49	0	0	0	0	14	254	465
2021	541	378	66	76	0	0	0	0	0	0	109	816
2022	550	834	409	0	41	34	6	0	0	90	193	654
2023	870	286	357	303	241	84	65	0	0	0	175	714
Jumlah	5916	4369	3188	1696	875	519	285	13	12	854	2146	6057
Rata-Rata	591,6	436,9	318,8	169,6	87,5	51,9	28,5	1,3	1,2	85,4	214,6	605,7

Sumber: BBWS Pompengan-Jeneberang

Tabel 14. Data Hujan Pos Curah Hujan Talangriaaja

Tahun	Curah Hujan Bulanan (mm)											
	Jan	Feb	Mar	April	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nov	Des
2014	325	307	146	146	47	23	0	0	0	0	67	381
2015	314	460	197	31	79	25	0	0	26	88	288	158
2016	262	256	332	71	73	2	13	0	32	35	350	303
2017	229	94	130	91	0	19	29	8	27	120	147	352
2018	199	196	236	122	143	18	0	0	3	9	6	319
2019	142	271	225	215	8	3	7	2	11	39	202	468
2020	137	130	119	77	28	33	0	0	0	0	28	69
2021	358	358	191	74	141	30	0	0	5	18	141	155
2022	359	414	219	581	190	20	77	96	168	151	267	271
2023	243	148	267	162	122	20	9	0	0	13	212	142
Jumlah	2568	2634	2062	1570	831	170	135	106	247	473	1708	2618
Rata-Rata	256,8	263,4	206,2	157	83,1	17	13,5	10,6	24,7	47,3	170,8	261,8

Sumber: BBWS Pompengan-Jeneberang

Tabel 15. Data Hujan Pos Curah Hujan Bulutimorang

Tahun	Curah Hujan Bulanan (mm)											
	Jan	Feb	Mar	April	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nov	Des
2014	301	250	219	166	51	0	0	0	0	0	111	393
2015	313	358	201	22	64	11	0	0	1	41	220	120
2016	267	279	326	31	67	2	0	0	38	12	323	311
2017	198	166	175	107	3	10	80	16	20	169	159	336
2018	224	275	171	118	96	5	0	0	0	25	34	271
2019	192	280	201	200	2	7	3	0	19	53	210	365
2020	93	101	126	133	26	14	0	0	0	78	39	109
2021	924	373	265	67	174	5	0	0	8	48	156	438
2022	393	444	266	467	224	41	55	103	262	199	315	339
2023	230	130	221	233	197	9	6	0	0	38	332	255
Jumlah	3135	2656	2171	1544	904	104	144	119	348	638	1868	2937
Rata-Rata	313,5	265,6	217,1	154,4	90,4	10,4	14,4	11,9	34,8	63,8	186,8	293,7

Sumber: BBWS Pompengan-Jeneberang

Dari data hujan masing-masing stasiun diatas, maka dapat dilakukan perhitungan curah hujan rerata daerah (*areal rainfall*) dengan persamaan (7), contoh perhitungan curah hujan rerata daerah (*areal rainfall*) ini diambil pada bulan Januari tahun 2014 di masing-

masing stasiun penakar hujan sesuai presentase luas area, seperti yang ada pada tabel di bawah ini:

Tahun 2014 (Januari)

No.	Pos Curah Hujan	Curah Hujan	Persentase Luas Area
1.	Siwa	349	32,35%
2.	Talangriaaja	325	12,15%
3.	Bulutimorang	301	55,50%

$$P_{Thie} = (349 \times 32,35\%) + (325 \times 12,15\%) + (301 \times 55,50\%)$$

$$= 319,44 \text{ mm}$$

$$= 319 \text{ mm}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut diketahui curah hujan rerata daerah DAS Siwa pada bulan Januari sebesar 319 mm. Selanjutnya untuk mengetahui hasil perhitungan secara keseluruhan curah hujan rata-rata daerah bulanan setiap tahunnya dapat dilihat pada tabel 16.

Tabel 16. Curah Hujan Rerata Daerah DAS Siwa

Tahun	Curah Hujan Bulanan (mm)											
	Jan	Feb	Mar	April	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nov	Des
2014	319	228	230	208	36	6	27	0	0	150	182	434
2015	476	435	335	121	140	48	26	0	4	33	157	283
2016	458	326	221	104	73	55	6	0	25	54	361	523
2017	359	401	277	109	16	32	60	14	18	158	258	410
2018	268	332	245	127	104	7	0	0	0	15	21	282
2019	259	239	219	187	7	11	3	0	12	34	195	409
2020	216	204	190	93	34	12	0	0	0	48	107	219
2021	631	373	192	71	114	6	0	0	5	29	139	526
2022	440	567	307	330	161	36	42	69	166	158	270	433
2023	439	183	271	247	202	35	25	0	0	23	267	390
Jumlah	3866	3287	2487	1596	886	249	189	83	230	702	1956	3908
Rata-Rata	386,6	328,7	248,7	159,6	88,6	24,9	18,9	8,3	23,0	70,2	195,6	390,8

Sumber: Hasil Perhitungan

Jika telah diketahui hujan rata-rata daerah (*areal rainfall*), langkah berikutnya yaitu menentukan rerata jumlah hari hujan wilayah berdasarkan data dari masing-masing stasiun hujan. Hal ini perlu dilakukan karena jumlah hari hujan suatu kawasan sangat berpengaruh terhadap debit efektif sungai suatu wilayah DAS. Untuk mengetahui rerata jumlah hari hujan pada suatu kawasan, maka langkah perhitungannya yaitu dengan mengakumulatiskan jumlah hari hujan dari masing-masing stasiun hujan yang telah dikalikan prosentase luasan wilayah. Berikut ini merupakan data jumlah hari hujan masing-masing stasiun hujan yang diperoleh dari BBWS Pompengan-Jeneberang Kota Makassar.

Tabel 17. Hari Hujan Pos Curah Hujan Siwa

Tahun	Hari Hujan											
	Jan	Feb	Mar	April	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
2014	11	6	8	13	1	1	6	0	0	14	15	22
2015	25	19	16	13	12	9	5	0	0	0	0	19
2016	15	6	0	17	5	10	3	0	0	11	14	24
2017	20	25	13	11	2	4	4	1	1	8	22	21
2018	15	17	14	6	5	3	0	0	0	0	1	12
2019	16	5	15	10	1	2	0	0	0	0	12	20
2020	14	14	10	1	4	2	0	0	0	3	12	14
2021	20	11	10	11	0	0	0	0	0	0	11	28
2022	17	19	11	0	3	3	2	0	0	6	14	20
2023	28	13	20	8	12	4	4	0	0	0	8	23
Jumlah	181	135	117	90	45	38	24	1	1	42	109	203
Rata-Rata	18,1	13,5	11,7	9	4,5	3,8	2,4	0,1	0,1	4,2	10,9	20,3

Sumber: BBWS Pompengan-Jeneberang

Tabel 18. Hari Hujan Pos Curah Hujan Talangriaja

Tahun	Hari Hujan											
	Jan	Feb	Mar	April	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
2014	18	18	11	13	2	2	0	0	0	0	6	15
2015	20	22	10	6	6	2	0	0	2	6	14	13
2016	19	23	27	3	10	2	3	0	1	3	14	16
2017	12	8	15	14	0	1	3	1	4	11	8	26
2018	22	18	18	13	15	1	0	0	1	1	3	20
2019	9	18	22	20	2	2	2	1	1	5	13	18
2020	19	28	24	9	5	1	0	0	0	0	14	18
2021	28	26	15	9	15	3	0	0	1	2	9	12
2022	26	23	13	23	18	4	3	8	12	14	13	20
2023	21	19	21	12	9	4	1	0	0	1	13	14
Jumlah	194	203	176	122	82	20	12	12	21	43	107	172
Rata-Rata	19,4	20,3	17,6	12,2	8,2	2	1,2	1,2	2,1	4,3	10,7	17,2

Sumber: BBWS Pompengan-Jeneberang

Tabel 19. Hari Hujan Pos Curah Hujan Bulutimorang

Tahun	Hari Hujan											
	Jan	Feb	Mar	April	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
2014	21	21	15	14	4	0	0	0	0	0	10	17
2015	18	23	11	2	8	1	0	0	1	5	15	19
2016	25	21	25	4	11	1	0	0	1	2	13	15
2017	16	10	16	13	2	2	4	1	2	9	8	28
2018	22	19	19	13	13	1	0	0	0	2	3	16
2019	12	15	21	18	1	3	1	0	1	6	15	19
2020	20	26	23	9	5	1	0	0	0	11	16	19
2021	26	24	9	6	16	1	0	0	1	4	10	17
2022	26	19	16	24	19	5	3	9	15	15	10	23
2023	21	17	22	13	11	3	2	0	0	3	17	21
Jumlah	207	195	177	116	90	18	10	13	21	55	116	194
Rata-Rata	20,7	19,5	17,7	11,6	9	1,8	1	1,3	2,1	5,5	11,6	19,4

Sumber: BBWS Pompengan-Jeneberang

Berdasarkan data jumlah hari hujan yang tersebut pada Tabel 17 – Tabel 19, maka untuk memperoleh jumlah hari hujan rerata pada suatu wilayah DAS maupun Sub DAS dari beberapa stasiun hujan, dapat dirumuskan dengan persamaan (7) sebagai berikut:

$$h_{Thie} = \sum (\text{jumlah hari hujan} \times \text{persentase luas area pos hujan})$$

Dengan:

h_{Thie} = Jumlah hari hujan rerata Thiessen (hari)

Contoh perhitungan jumlah hari hujan rerata ini diambil pada bulan Januari tahun 2014 pada masing-masing stasiun hujan sesuai prosentase luas area, seperti perhitungan di bawah ini:

Tahun 2014 (Januari)

No.	Pos Curah Hujan	Hari Hujan	Persentase Luas Area
1.	Siwa	11	32,35%
2.	Talangriaaja	18	12,15%
3.	Bulutimorang	21	55,50%

$$h_{Thie} = (11 \times 32,35\%) + (18 \times 12,15\%) + (21 \times 55,50\%)$$

$$= 17,4 \text{ hari}$$

$$= 17 \text{ hari}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut diketahui jumlah hari hujan rerata DAS Siwa pada bulan Januari sebanyak 17 hari. Selanjutnya untuk mengetahui hasil perhitungan secara keseluruhan jumlah hari hujan rata-rata bulanan Kota Batu setiap tahunnya dapat dilihat pada Tabel di bawah ini:

Tabel 20. Rerata Hari Hujan DAS Siwa

Tahun	Jumlah Hari Hujan											
	Jan	Feb	Mar	April	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
2014	17	16	12	14	3	1	2	0	0	5	11	18
2015	21	22	12	6	9	4	2	0	1	4	10	18
2016	21	16	17	8	9	4	1	0	1	5	13	18
2017	17	15	15	12	2	3	4	1	2	9	12	25
2018	20	18	17	11	11	2	0	0	0	1	2	15
2019	13	12	19	16	1	3	1	0	1	4	14	19
2020	18	22	19	6	5	1	0	0	0	7	14	17
2021	24	20	10	8	11	1	0	0	1	2	10	20
2022	23	19	14	16	14	4	3	6	10	12	12	22
2023	23	16	21	11	11	3	3	0	0	2	14	21
Jumlah	197	176	157	107	75	25	16	7	16	50	113	194
Rata-Rata	19,7	17,6	15,7	10,7	7,5	2,5	1,6	0,7	1,6	5,0	11,3	19,4

Sumber: Hasil Perhitungan

C. Analisis Pendugaan Suhu

Dalam penelitian ini hanya diperoleh nilai temperatur bulanan berdasar data klimatologi dari stasiun klimatologi Maros, sehingga untuk menganalisis suhu dapat menggunakan metode Mock (1975). Karena lokasi stasiun klimatologi Maros yang letaknya jauh dari lokasi penelitian, maka perlu dilakukan konversi suhu pada lokasi penelitian untuk mendapat suhu yang mendekati kenyataan. Dalam pendugaan suhu pada stasiun hujan terdekat dilakukan dengan mempertimbangkan faktor ketinggian tempat. Semakin tinggi letak suatu kawasan, maka berpengaruh terhadap kelembaban suhu setempat. Berikut ini merupakan data suhu tahunan stasiun klimatologi Maros dapat dilihat pada tabel 21.

Tabel 21. Suhu Tahunan

Tahun	Suhu Tahunan (°C)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
2014	27,6	27,1	28,7	28,5	28,8	28,6	27,9	27,5	27,4	26,9	27,2	26,4
2015	26,4	27,4	27,7	27,9	28,1	29,1	28,9	27,3	28,7	27,3	27,2	26,5
2016	26,5	26,3	27,7	28,4	28,1	28,2	28,1	27,3	27,8	27,2	26,8	27,1
2017	28,2	27,2	28,6	29,8	28,2	28,3	27,8	28,3	27,7	27,3	27,1	27,1
2018	26,8	26,9	27,3	27,5	28,1	28,1	28,2	27,7	27,1	27,4	26,9	26,5
2019	26,5	27,6	27,8	27,7	27,6	27,9	27,9	28,1	27,1	26,5	26,8	27,1
2020	27,1	27,3	28,1	28,5	28,2	28,1	27,8	28,2	27,3	26,6	26,7	26,5
2021	27,4	27,3	28,2	27,7	28,2	27,6	27,7	27,8	27,1	27,4	26,7	26,6
2022	26,3	27,7	27,5	27,6	28,1	27,8	27,9	27,1	27,4	28,2	27,1	26,7
2023	27,1	26,9	27,9	27,8	28,3	27,4	28,2	27,3	27,3	27,1	26,9	26,1
Jumlah	269,9	271,7	279,5	281,4	281,7	281,1	280,4	276,6	274,9	271,9	269,4	266,6
Rata-Rata	26,99	27,17	27,95	28,14	28,17	28,11	28,04	27,66	27,49	27,19	26,94	26,66

Sumber: Buku BPS Maros Dalam Angka 2015-2024

Stasiun klimatologi Maros yang menjadi acuan dalam menentukan perbedaan suhu dengan ketinggian 3,89 m diatas permukaan laut (dpl). Stasiun tersebut memiliki ketinggian lebih rendah dibanding stasiun hujan lainnya seperti stasiun hujan Siwa, Talangriaja dan Bulutimorang berturut-turut adalah 22,64 m, 320,79 m dan 746,91 m. Dengan demikian dapat dianalisis perbedaan suhu pada masing-masing lokasi pos curah hujan lainnya menggunakan persamaan (8). Berikut ini merupakan perhitungan perbedaan suhu (Δt) pada stasiun hujan Siwa:

- Ketinggian Stasiun Klimatologi Maros = 3,89 m
- Ketinggian Stasiun Hujan Siwa = 22,54 m
- (Δt) Siwa = 0,006 (3,89 – 22,64)

$$= -0,113^{\circ}\text{C}$$

Untuk hasil perhitungan perbedaan suhu masing-masing stasiun hujan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 22 di bawah ini:

Tabel 22. Perbedaan Suhu

No.	Pos Hujan	Z(m)	$\Delta t(^{\circ}\text{C})$
1	Maros	3,89	0,000
2	Siwa	22,64	-0,113
3	Talangriaaja	746,91	-4,458
4	Bulutimorang	320,79	-1,901

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan perbedaan suhu antara masing-masing stasiun penakar hujan yang ada pada tabel 22 diketahui perbedaan suhu antara stasiun Siwa dengan stasiun Maros adalah -0,113. Untuk contoh perhitungan suhu di suatu kawasan mengambil stasiun hujan Siwa pada Bulan Januari tahun 2014 yang dikonversikan terhadap suhu rata-rata bulanan pada stasiun klimatologi Maros pada Tabel 21. maka hasil pendugaan suhu pada stasiun Siwa bulan Januari 2014 adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Suhu} &= \text{Suhu acuan} + \Delta t \\
 &= 27,6 + (-0,113) \\
 &= 27,48 \sim 27^{\circ}\text{C}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan tersebut diketahui bahwa suhu rata-rata di daerah Maros pada bulan Januari 2014 berkisar pada 27,6 °C. Hal ini berbeda jika dibandingkan dengan suhu pada lokasi penelitian yaitu 27,48 °C lebih dingin dari suhu rata-rata Kabupaten Maros. Untuk hasil perhitungan pendugaan suhu masing-masing stasiun penakar hujan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 23. Pendugaan Suhu Pos Hujan Siwa (Tm) °C

Tahun	Suhu Udara (°C)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nov	Des
2014	27	27	29	28	29	28	28	27	27	27	27	26
2015	26	27	28	28	28	29	29	27	29	27	27	26
2016	26	26	28	28	28	28	28	27	28	27	27	27
2017	28	27	28	30	28	28	28	28	28	27	27	27
2018	27	27	27	27	28	28	28	28	27	27	27	26
2019	26	27	28	28	27	28	28	28	27	26	27	27
2020	27	27	28	28	28	28	28	28	27	26	27	26
2021	27	27	28	28	28	27	28	28	27	27	27	26
2022	26	28	27	27	28	28	28	27	27	28	27	27
2023	27	27	28	28	28	27	28	27	27	27	27	26
Jumlah	269	271	278	280	281	280	279	275	274	271	268	265
Rata-Rata	26,9	27,1	27,8	28,0	28,1	28,0	27,9	27,5	27,4	27,1	26,8	26,5

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 24. Pendugaan Suhu Pos Hujan Talangriaja (Tm) °C

Tahun	Suhu Udara (°C)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nov	Des
2014	23	23	24	24	24	24	23	23	23	22	23	22
2015	22	23	23	23	24	25	24	23	24	23	23	22
2016	22	22	23	24	24	24	24	23	23	23	22	23
2017	24	23	24	25	24	24	23	24	23	23	23	23
2018	22	22	23	23	24	24	24	23	23	23	22	22
2019	22	23	23	23	23	23	23	24	23	22	22	23
2020	23	23	24	24	24	24	23	24	23	22	22	22
2021	23	23	24	23	24	23	23	23	23	23	22	22
2022	22	23	23	23	24	23	23	23	23	24	23	22
2023	23	22	23	23	24	23	24	23	23	23	22	22
Jumlah	225	227	235	237	237	237	236	232	230	227	225	222
Rata-Rata	22,5	22,7	23,5	23,7	23,7	23,7	23,6	23,2	23,0	22,7	22,5	22,2

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 25. Pendugaan Suhu Pos Hujan Bulutimorang (Tm) °C

Tahun	Suhu Udara (°C)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
2014	26	25	27	27	27	27	26	26	25	25	25	24
2015	24	25	26	26	26	27	27	25	27	25	25	25
2016	25	24	26	26	26	26	26	25	26	25	25	25
2017	26	25	27	28	26	26	26	26	26	25	25	25
2018	25	25	25	26	26	26	26	26	25	25	25	25
2019	25	26	26	26	26	26	26	26	25	25	25	25
2020	25	25	26	27	26	26	26	26	25	25	25	25
2021	25	25	26	26	26	26	26	26	25	25	25	25
2022	24	26	26	26	26	26	26	25	25	26	25	25
2023	25	25	26	26	26	25	26	25	25	25	25	24
Jumlah	251	253	260	262	263	262	261	258	256	253	250	248
Rata-Rata	25,1	25,3	26,0	26,2	26,3	26,2	26,1	25,8	25,6	25,3	25,0	24,8

Sumber: Hasil Perhitungan

D. Analisis Evapotranspirasi Potensial

Dalam penelitian ini untuk mengetahui nilai evapotranspirasi potensial pada masing-masing stasiun penakar hujan digunakan metode *Thorntwaite* dimana nilai evapotranspirasi potensial (ET_o) dipengaruhi oleh temperatur udara, intensitas penyinaran matahari dan letak koordinat. Metode ini mengusulkan perhitungan evapotranspirasi potensial dari data suhu udara rata-rata bulanan, standar bulan 30 hari dan jam penyinarannya 12 jam.

1. Perhitungan Indeks Panas Tahunan (I)

Dengan melakukan perhitungan sesuai persamaan (11), maka nilai indeks panas tahunan (I) masing-masing stasiun hujan dapat diketahui dengan menentukan terlebih dahulu indeks panas bulanan yang kemudian dijumlahkan dalam setahun. Berdasarkan pendugaan suhu

pada stasiun hujan Siwa yang ada pada tabel 23, maka diperoleh nilai indeks panas (I) bulan Januari 2014 adalah sebagai berikut:

$$I = \left(\frac{27}{5}\right)^{1,514}$$

$$I = 13,20$$

Untuk memperoleh nilai indeks panas tahunan (I) dilakukan komulatif nilai indeks bulanan pertahunnya. Berikut ini merupakan penjelasan lebih lanjut mengenai nilai indeks panas bulanan pada Stasiun Hujan Siwa seperti terlihat pada tabel di bawah ini:

Tahun	Jan	Feb	Mar	April	Mei	Jun
2014	13,20	12,84	14,01	13,86	14,08	13,93

Lanjutan

Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des	I
13,42	13,13	13,06	12,70	12,91	12,34	159,47

Langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai a menggunakan persamaan (12) sebagai berikut:

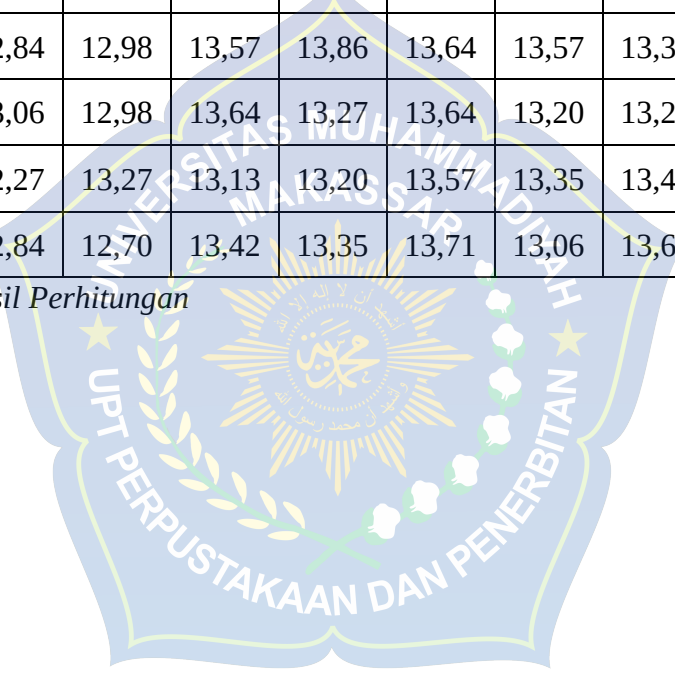
$$\begin{aligned}
 a &= (6,75 \cdot 10^{-7}) \cdot 159,47^3 - (7,71 \cdot 10^{-5}) \cdot 159,47^2 + (1,792 \\
 &\quad 10^{-2}) \cdot 159,47 + 0,49239 \\
 &= 4,13
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh nilai indeks panas tahunan (I) tahun 2014 pada stasiun hujan Siwa yaitu 159,47 dan nilai a yaitu 4,13. Untuk hasil perhitungan nilai indeks panas tahunan dan nilai a pada masing-masing stasiun penakar hujan DAS Siwa dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 26. Nilai Indeks Panas Tahunan (I) dan Nilai a Stasiun Hujan Siwa

Tahun	Jan	Feb	Mar	April	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des	I	a
2014	13,20	12,84	14,01	13,86	14,08	13,93	13,42	13,13	13,06	12,70	12,91	12,34	159,47	4,13
2015	12,34	13,06	13,27	13,42	13,57	14,31	14,16	12,98	14,01	12,98	12,91	12,41	159,41	4,12
2016	12,41	12,27	13,27	13,79	13,57	13,64	13,57	12,98	13,35	12,91	12,62	12,84	157,21	4,03
2017	13,64	12,91	13,93	14,83	13,64	13,71	13,35	13,71	13,27	12,98	12,84	12,84	161,66	4,23
2018	12,62	12,70	12,98	13,13	13,57	13,57	13,64	13,27	12,84	13,06	12,70	12,41	156,47	3,99
2019	12,41	13,20	13,35	13,27	13,20	13,42	13,42	13,57	12,84	12,41	12,62	12,84	156,55	4,00
2020	12,84	12,98	13,57	13,86	13,64	13,57	13,35	13,64	12,98	12,48	12,55	12,41	157,86	4,06
2021	13,06	12,98	13,64	13,27	13,64	13,20	13,27	13,35	12,84	13,06	12,55	12,48	157,34	4,03
2022	12,27	13,27	13,13	13,20	13,57	13,35	13,42	12,84	13,06	13,64	12,84	12,55	157,13	4,02
2023	12,84	12,70	13,42	13,35	13,71	13,06	13,64	12,98	12,98	12,84	12,70	12,13	156,33	3,99

Sumber: Hasil Perhitungan



Tabel 27. Nilai Indeks Panas Tahunan (I) dan Nilai a Stasiun Hujan Talangria

Tahun	Jan	Feb	Mar	April	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des	I	a
2014	10,17	9,84	10,91	10,78	10,98	10,85	10,37	10,11	10,04	9,71	9,91	9,39	123,06	2,79
2015	9,39	10,04	10,24	10,37	10,51	11,19	11,05	9,97	10,91	9,97	9,91	9,45	123,01	2,79
2016	9,45	9,32	10,24	10,71	10,51	10,58	10,51	9,97	10,31	9,91	9,65	9,84	120,99	2,73
2017	10,58	9,91	10,85	11,67	10,58	10,64	10,31	10,64	10,24	9,97	9,84	9,84	125,07	2,85
2018	9,65	9,71	9,97	10,11	10,51	10,51	10,58	10,24	9,84	10,04	9,71	9,45	120,31	2,71
2019	9,45	10,17	10,31	10,24	10,17	10,37	10,37	10,51	9,84	9,45	9,65	9,84	120,38	2,71
2020	9,84	9,97	10,51	10,78	10,58	10,51	10,31	10,58	9,97	9,52	9,58	9,45	121,59	2,74
2021	10,04	9,97	10,58	10,24	10,58	10,17	10,24	10,31	9,84	10,04	9,58	9,52	121,10	2,73
2022	9,32	10,24	10,11	10,17	10,51	10,31	10,37	9,84	10,04	10,58	9,84	9,58	120,91	2,73
2023	9,84	9,71	10,37	10,31	10,64	10,04	10,58	9,97	9,97	9,84	9,71	9,19	120,19	2,70

Sumber: Hasil Perhitungan



Tabel 28. Nilai Indeks Panas Tahunan (I) dan Nilai a Stasiun Hujan Bulutimorang

Tahun	Jan	Feb	Mar	April	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des	I	a
2014	11,92	11,57	12,70	12,56	12,78	12,63	12,13	11,85	11,78	11,43	11,64	11,09	144,10	3,49
2015	11,09	11,78	11,99	12,13	12,28	12,99	12,85	11,71	12,70	11,71	11,64	11,16	144,04	3,49
2016	11,16	11,02	11,99	12,49	12,28	12,35	12,28	11,71	12,06	11,64	11,36	11,57	141,91	3,41
2017	12,35	11,64	12,63	13,50	12,35	12,42	12,06	12,42	11,99	11,71	11,57	11,57	146,22	3,57
2018	11,36	11,43	11,71	11,85	12,28	12,28	12,35	11,99	11,57	11,78	11,43	11,16	141,20	3,39
2019	11,16	11,92	12,06	11,99	11,92	12,13	12,13	12,28	11,57	11,16	11,36	11,57	141,27	3,39
2020	11,57	11,71	12,28	12,56	12,35	12,28	12,06	12,35	11,71	11,23	11,30	11,16	142,55	3,44
2021	11,78	11,71	12,35	11,99	12,35	11,92	11,99	12,06	11,57	11,78	11,30	11,23	142,04	3,42
2022	11,02	11,99	11,85	11,92	12,28	12,06	12,13	11,57	11,78	12,35	11,57	11,30	141,83	3,41
2023	11,57	11,43	12,13	12,06	12,42	11,78	12,35	11,71	11,71	11,57	11,43	10,88	141,07	3,38

Sumber: Hasil Perhitungan



2. Evapotranspirasi Potensial Belum Disesuaikan Garis Bujur/Bulan

Sebelum mendapatkan nilai Evapotranspirasi Potensial (ET_o) yang sesuai kondisi sesungguhnya di suatu kawasan tertentu, maka nilai ET_o harus di konversikan terlebih dahulu terhadap nilai suhu udara rata-rata bulanan (T_m), indeks panas tahunan (I) dan juga nilai a. Untuk memperoleh ET_o tersebut dapat menggunakan persamaan (9). Dengan berpedoman pada pendugaan suhu (Tabel 23), nilai indeks panas tahunan (Tabel 26) dan nilai a stasiun hujan Siwa, maka perhitungan nilai ET_o bulan Januari 2014 dapat diperoleh sebagai berikut:

$$ET_{o_x} = 16 \times \left(\frac{10 \times 27}{159,47} \right)^{4,13}$$

$$ET_{o_x} = 151,32 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan tersebut diketahui bahwa nilai evapotranspirasi potensial sebelum disesuaikan garis bujur dan bulan (ET_o) pada bulan Januari tahun 2014 adalah sebesar 151,32 mm. Nilai ET_o tersebut belum merupakan nilai evapotranspirasi potensial sesungguhnya di suatu kawasan. Nilai ini nantinya akan dikonversikan dengan koefisien penyesuaian menurut bujur dan bulan (Tabel 4), sehingga akan diperoleh nilai evapotranspirasi potensial yang mendekati sesungguhnya pada suatu kawasan. Untuk perhitungan nilai ET_o selanjutnya pada stasiun hujan Siwa dan stasiun-stasiun hujan lainnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 29. Evapotranspirasi Belum Disesuaikan Garis Bujur (f) Stasiun Hujan Siwa (mm)

Tahun	Jan	Feb	Mar	April	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
2014	151,32	140,28	177,92	172,84	180,50	175,36	158,25	149,06	146,83	136,04	142,44	125,86
2015	125,89	146,84	153,62	158,26	163,01	188,41	183,11	144,64	177,92	144,64	142,45	127,87
2016	128,76	131,42	162,94	180,69	172,91	175,47	172,91	153,40	165,39	151,09	142,09	148,80
2017	165,19	141,72	175,36	208,77	165,19	167,69	155,47	167,69	153,11	143,95	139,53	139,53
2018	135,00	137,03	145,39	149,71	163,24	163,24	165,59	154,12	141,16	147,53	137,03	129,03
2019	129,01	151,89	156,36	154,11	151,89	158,63	158,63	163,24	141,14	129,01	134,97	141,14
2020	140,77	145,05	163,15	172,82	165,53	163,15	156,18	165,53	145,05	130,49	132,50	128,50
2021	148,15	145,98	166,46	154,83	166,46	152,58	154,83	157,11	141,69	148,15	133,41	131,40
2022	117,67	145,10	140,92	143,00	153,75	147,23	149,38	132,82	138,86	155,97	132,82	125,07
2023	141,20	137,07	158,65	156,38	167,95	147,56	165,59	145,42	145,42	141,20	137,07	121,46

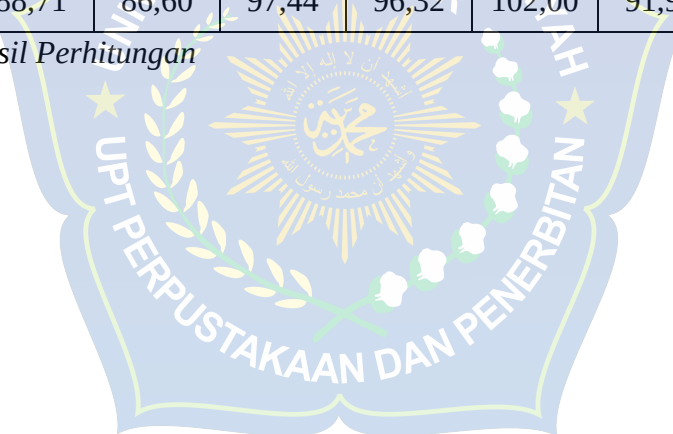
Sumber: Hasil Perhitungan



Tabel 30. Evapotranspirasi Belum Disesuaikan Garis Bujur (f) Stasiun Hujan Talangria (mm)

Tahun	Jan	Feb	Mar	April	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
2014	93,07	87,57	105,93	103,51	107,16	104,72	96,47	91,95	90,84	85,43	88,65	80,23
2015	80,25	90,86	94,21	96,49	98,80	110,89	108,40	89,77	105,95	89,77	88,67	81,28
2016	82,15	80,13	94,93	102,93	99,45	100,60	99,45	90,54	96,05	89,46	85,24	88,39
2017	99,30	87,85	104,14	119,57	99,30	100,50	94,61	100,50	93,46	88,95	86,75	86,75
2018	85,51	86,55	90,79	92,96	99,66	99,66	100,81	95,16	88,66	91,87	86,55	82,44
2019	82,41	94,04	96,25	95,14	94,04	97,38	97,38	99,64	88,63	82,41	85,49	88,63
2020	88,16	90,31	99,26	103,94	100,42	99,26	95,84	100,42	90,31	82,92	83,95	81,89
2021	91,58	90,50	100,57	94,89	100,57	93,78	94,89	96,01	88,35	91,58	84,15	83,12
2022	80,17	94,96	92,75	93,85	99,48	96,07	97,20	88,42	91,65	100,63	88,42	84,23
2023	88,71	86,60	97,44	96,32	102,00	91,92	100,85	90,84	90,84	88,71	86,60	78,51

Sumber: Hasil Perhitungan



Tabel 31. Evapotranspirasi Belum Disesuaikan Garis Bujur (f) Stasiun Hujan Bulutimorang (mm)

Tahun	Jan	Feb	Mar	April	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
2014	120,73	112,72	139,77	136,16	141,60	137,96	125,73	119,10	117,48	109,63	114,30	102,16
2015	102,18	117,50	122,40	125,74	129,15	147,20	143,45	115,90	139,78	115,90	114,32	103,65
2016	104,52	101,64	122,96	134,72	129,59	131,28	129,59	116,57	124,59	115,02	108,93	113,47
2017	130,42	113,54	137,65	161,07	130,42	132,20	123,47	132,20	121,77	115,16	111,95	111,95
2018	109,19	110,68	116,79	119,93	129,72	129,72	131,40	123,13	113,70	118,35	110,68	104,80
2019	104,77	121,51	124,74	123,12	121,51	126,38	126,38	129,71	113,68	104,77	109,16	113,68
2020	113,26	116,38	129,46	136,38	131,17	129,46	124,44	131,17	116,38	105,73	107,20	104,26
2021	118,11	116,54	131,26	122,93	131,26	121,31	122,93	124,56	113,43	118,11	107,40	105,93
2022	101,68	122,98	119,76	121,36	129,60	124,61	126,26	113,50	118,17	131,30	113,50	107,47
2023	113,75	110,72	126,42	124,79	133,12	118,39	131,43	116,83	116,83	113,75	110,72	99,19

Sumber: Hasil Perhitungan



3. Koefisien Penyesuaian Bujur dan Bulan Setiap Stasiun Hujan

Menurut data yang diperoleh di lapangan, masing-masing stasiun penakar hujan memiliki titik koordinat sebagai berikut

Tabel 32. Koordinat Stasiun Hujan

No	Pos Hujan	Garis Bujur (X)	Garis Lintang (Y)
1.	Siwa	120,359781	-3,676387
2.	Talangriaaja	119,966999	-3,558518
3.	Bulutimorang	120,177556	-3,705071

Untuk menentukan koefisien penyesuaian bujur dan bulan setiap stasiun penakar hujan, maka diperlukan tabel koefisien penyesuaian yang ada pada Tabel 4. Stasiun hujan Siwa terletak pada garis lintang -3,676387 (Tabel 31), maka dengan melihat (Tabel 4) garis lintang terletak antara 0 dan -5. Dengan melakukan interpolasi diperoleh nilai 1,054. Perhitungan selengkapnya koefisien penyesuaian menurut garis lintang pada masing-masing stasiun hujan dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 33. Perhitungan Koefisien Penyesuaian Menurut Garis Lintang

No	Pos Hujan	Y	Jan	Feb	Mar	April	Mei	Jun
1.	Siwa	-3,676387	1,05	0,95	1,04	1,00	1,03	1,00
2.	Talangriaaja	-3,558518	1,05	0,95	1,04	1,00	1,03	1,00
3.	Bulutimorang	-3,705071	1,05	0,95	1,04	1,00	1,03	1,00

Lanjutan

No	Pos Hujan	Y	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
1.	Siwa	-3,676387	1,03	1,03	1,00	1,05	1,02	1,05
2.	Talangriaja	-3,558518	1,03	1,03	1,00	1,05	1,02	1,05
3.	Bulutimorang	-3,705071	1,03	1,03	1,00	1,05	1,02	1,05

Sumber: Hasil Perhitungan

Dalam memperhitungkan nilai evapotranspirasi potensial (ET_o) wilayah, maka perlu dikonversi nilai evapotranspirasi potensial yang ada dengan koefisien penyesuaian menurut garis lintang/ bujur. Untuk mengkonversi nilai evapotranspirasi potensial dapat digunakan persamaan (10). Dengan mengacu pada Tabel 29 diketahui nilai ET_{ox} stasiun hujan Siwa bulan Januari 2014 adalah 151,32 mm, sedangkan nilai f (Tabel 32) diperoleh koefisien sebesar 1,054. Dengan demikian dapat dihitung:

$$ET_o = 1,054 \times 151,32$$

$$ET_o = 159,60 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh nilai Evapotranspirasi (ET_o) pada stasiun hujan Siwa bulan Januari 2014 adalah 159,60 mm. Untuk perhitungan nilai ET_o selanjutnya pada stasiun hujan Siwa dan stasiun-stasiun hujan lainnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 34. Evapotranspirasi Potensial (ET_o) Stasiun Hujan Siwa (mm)

Tahun	Jan	Feb	Mar	April	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
2014	159,60	132,89	185,04	173,30	185,07	174,54	162,25	153,93	146,83	142,48	145,95	132,74
2015	132,77	139,11	159,76	158,68	167,14	187,52	187,74	149,36	177,92	151,48	145,97	134,87
2016	135,80	124,50	169,45	181,17	177,28	174,65	177,28	158,41	165,39	158,24	145,60	156,94
2017	174,23	134,26	182,38	209,33	169,37	166,90	159,41	173,17	153,11	150,77	142,97	147,16
2018	142,38	129,81	151,20	150,10	167,37	162,48	169,77	159,15	141,16	154,52	140,41	136,09
2019	136,07	143,89	162,61	154,52	155,73	157,88	162,64	168,57	141,14	135,12	138,31	148,86
2020	148,47	137,41	169,68	173,28	169,72	162,39	160,13	170,94	145,05	136,67	135,77	135,53
2021	156,26	138,29	173,12	155,24	170,67	151,86	158,75	162,24	141,69	155,17	136,71	138,59
2022	124,11	137,46	146,55	143,38	157,64	146,54	153,16	137,15	138,86	163,36	136,10	131,91
2023	148,92	129,85	164,99	156,80	172,20	146,87	169,78	150,17	145,42	147,88	140,46	128,10

Sumber: Hasil Perhitungan



Tabel 35. Evapotranspirasi Potensial (ET_o) Stasiun Hujan Talangria (mm)

Tahun	Jan	Feb	Mar	April	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
2014	98,12	82,94	110,17	103,81	109,92	104,28	98,96	94,98	90,84	89,46	90,80	84,58
2015	84,61	86,06	97,98	96,77	101,35	110,42	111,19	92,72	105,95	93,99	90,82	85,68
2016	86,61	75,90	98,73	103,23	102,01	100,18	102,01	93,52	96,05	93,68	87,30	93,19
2017	104,69	83,20	108,30	119,91	101,86	100,07	97,05	103,80	93,46	93,14	88,85	91,45
2018	90,15	81,98	94,43	93,23	102,23	99,24	103,41	98,29	88,66	96,20	88,65	86,91
2019	86,88	89,06	100,10	95,42	96,46	96,96	99,88	102,92	88,63	86,29	87,56	93,44
2020	92,94	85,54	103,23	104,24	103,01	98,84	98,31	103,72	90,31	86,82	85,98	86,33
2021	96,55	85,71	104,59	95,16	103,16	93,38	97,33	99,17	88,35	95,90	86,19	87,63
2022	84,52	89,94	96,46	94,12	102,04	95,67	99,70	91,33	91,65	105,37	90,57	88,80
2023	93,52	82,02	101,34	96,60	104,63	91,53	103,45	93,83	90,84	92,89	88,70	82,76

Sumber: Hasil Perhitungan



Tabel 36. Evapotranspirasi Potensial (ET_o) Stasiun Hujan Bulutimorang (mm)

Tahun	Jan	Feb	Mar	April	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
2014	127,35	106,80	145,36	136,51	145,17	137,29	128,90	122,98	117,48	114,83	117,13	107,76
2015	107,79	111,32	127,30	126,07	132,41	146,49	147,07	119,68	139,78	121,40	117,15	109,33
2016	110,25	96,30	127,88	135,07	132,85	130,65	132,85	120,37	124,59	120,47	111,63	119,69
2017	137,57	107,57	143,15	161,49	133,70	131,56	126,57	136,51	121,77	120,61	114,73	118,08
2018	115,17	104,86	121,46	120,24	132,99	129,09	134,71	127,15	113,70	123,96	113,42	110,54
2019	110,51	115,12	129,73	123,44	124,57	125,77	129,56	133,93	113,68	109,74	111,87	119,91
2020	119,47	110,26	134,64	136,73	134,47	128,84	127,57	135,44	116,38	110,74	109,87	109,98
2021	124,59	110,41	136,51	123,25	134,57	120,72	126,02	128,62	113,43	123,71	110,06	111,73
2022	107,25	116,51	124,55	121,68	132,87	124,01	129,44	117,20	118,17	137,52	116,32	113,37
2023	119,98	104,90	131,48	125,11	136,47	117,82	134,73	120,64	116,83	119,14	113,47	104,63

Sumber: Hasil Perhitungan



4. Perhitungan Rerata Evapotranspirasi Potensial DAS Siwa

Untuk mengetahui nilai rerata evapotranspirasi potensial (ET_o) DAS Siwa, maka dihitung total nilai evapotranspirasi potensial masing-masing stasiun hujan yang telah disesuaikan prosentase luasan masing-masing stasiun hujan wilayah DAS Siwa. Perhitungannya dapat digunakan dengan persamaan berikut:

$$ET_{o_{tot}} = \sum (ET_{o_n} \times A_n)$$

Keterangan:

ET_{o_n} = Evapotranspirasi potensial masing-masing pos hujan (mm)

A_n = Persentase luasan stasiun hujan (%)

ET_{o_{tot}} = Evapotranspirasi total (mm)

Untuk contoh perhitungan diambil data evapotranspirasi potensial (ET_o) bulan Januari 2014 pada masing-masing stasiun hujan.

$$ET_{o_{tot}} = (ET_{o \text{ Siwa}} \times 32,35\%) + (ET_{o \text{ Talangria}} \times 12,15\%) + (ET_{o \text{ Bulutimorang}} \times 55,50\%)$$

$$ET_{o_{tot}} = (159,60 \times 32,35\%) + (98,12 \times 12,15\%) + (127,35 \times 55,50\%)$$

$$ET_{o_{tot}} = 134,23 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh nilai rerata evapotranspirasi Potensial (ET_o) DAS Siwa bulan Januari 2014 adalah 134,23 mm. Untuk hasil perhitungan nilai evapotranspirasi potensial (ET_o) DAS Siwa selengkapnya dapat dilihat pada tabel 37.

Tabel 37. Rearata Evapotranspirasi Potensial (ET_o) DAS Siwa

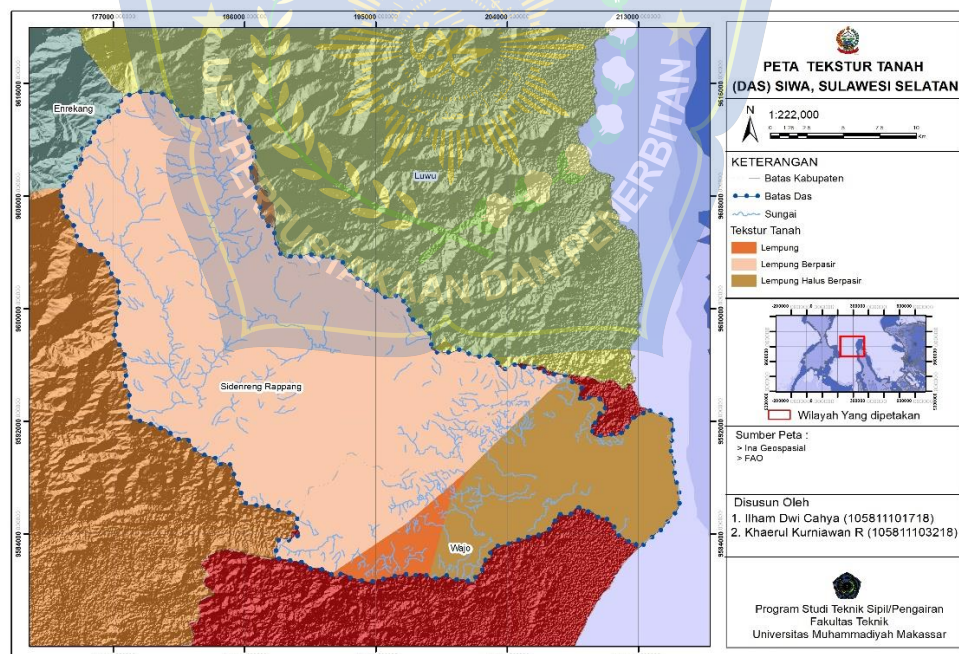
Tahun	Evapotranspirasi Potensial (mm)											
	Jan	Feb	Mar	April	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
2014	134,23	112,34	153,92	144,44	153,79	145,33	136,05	129,59	123,74	120,69	123,26	113,03
2015	113,05	117,24	134,24	133,06	139,87	155,38	155,87	126,00	148,01	127,80	123,28	114,72
2016	115,64	102,94	137,79	146,11	143,48	141,18	143,48	129,42	134,32	129,43	119,67	128,52
2017	145,43	113,25	151,61	171,91	141,37	139,17	133,61	144,39	128,47	127,03	120,72	124,25
2018	120,93	110,15	127,80	126,62	140,37	136,27	142,25	134,00	119,54	130,48	119,15	115,94
2019	115,91	121,26	136,77	130,09	131,23	132,66	136,66	141,37	119,52	115,10	117,47	126,06
2020	125,63	116,04	142,16	144,61	142,05	136,05	134,55	143,07	122,49	116,22	115,34	115,37
2021	131,43	116,43	144,48	130,18	142,43	127,47	133,12	135,92	119,53	130,51	115,78	117,49
2022	109,94	120,06	128,25	125,35	137,14	127,85	133,50	120,51	121,64	141,97	119,59	116,38
2023	126,13	110,19	138,66	131,90	144,16	124,02	142,27	126,93	122,92	125,25	119,19	109,57
Rata-rata	123,83	113,99	139,57	138,43	141,59	136,54	139,14	133,12	126,02	126,45	119,34	118,13

Sumber: Hasil Perhitungan

E. Faktor Kelengasan Tanah

Dalam studi ini faktor lengas tanah diperlukan untuk menentukan nilai tampungan air tanah permulaan DAS. Lengas tanah dalam hidrologi merupakan suatu reservoir penyimpanan yang naik turun secara cepat darimana air diserap oleh akar-akar tanaman untuk transpirasi, dan oleh evaporasi langsung dari permukaan.

Peta Tekstur tanah yang digunakan dalam studi ini berdasarkan peta tekstur tanah yang diperoleh dari Ina Geospasial dan FAO yang kemudian di overlay dengan peta batas wilayah DAS Siwa menggunakan software ArcGis 10.0. Untuk peta tekstur tanah DAS Siwa dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Peta Tekstur Tanah DAS Siwa (Sumber: Ina Geospasial)

Berdasarkan peta tekstur tanah pada gambar 9 diketahui tanah yang ada di DAS Siwa dikelompokkan menjadi 3 kelas tekstur tanah, yaitu lempung, lempung berpasir dan lempung halus berpasir. Untuk luas dan nilai kelengasan tanah dari masing-masing kelas tekstur tanah yang ada di DAS Siwa dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 38. Kelengasan Tanah Dari Kelas Tekstur Tanah DAS Siwa

No.	Tekstur Tanah	Luas (km ²)	Nilai Lengas Tanah
1.	Lempung Berpasir	531,695	108
2.	Lempung Halus Berpasir	129,326	150
3.	Lempung	22,425	167

Berdasarkan tabel 37 yang telah disesuaikan dengan tabel 6 (Nilai kelengasan tanah dari kelas tekstur tanah. Lee Richard, 1980) diketahui sebagian besar tanah di DAS Siwa dikelompokkan kedalam tekstur lempung berpasir dengan luas 531,695 km² yang memiliki kelengasan tanah yaitu 108 mm sebagai nilai tampungan air tanah permulaan dalam menganalisis debit efektif menggunakan metode F.J Mock.

F. Analisis Parameter Hidrologi

1. Sistem Neraca Air Metode Mock

Pada studi ini pemodelan hidrologi dilakukan menggunakan sistem neraca air metode FJ Mock. Pada dasarnya metode ini adalah hujan yang jatuh pada *catchment area* sebagian akan hilang sebagai evapotranspirasi, sebagian akan langsung menjadi aliran permukaan (*direct runoff*) dan sebagian lagi akan masuk kedalam tanah (infiltrasi).

Salah satu contoh data sebagai acuan dalam menghitung debit efektif DAS Siwa menggunakan metode FJ Mock perhitungan diambil data pada bulan Januari tahun 2014 adalah sebagai berikut:

- a. Luas DAS = 683,446 km²
- b. Curah hujan = 319,44 mm
- c. Hari hujan = 17 hari
- d. Evapotranspirasi Potensial (ET_p) = 134,23 mm
- e. Permukaan lahan terbuka diasumsikan 30 % (sudirman, 2002)
- f. Koefisien infiltrasi = 0,6 (asumsi, halaman 26)
- g. Faktor resesi aliran air tanah (k) = 0,6 (asumsi, halaman 27)
- h. Tampung air tanah permulaan = 108 mm (Lee Richard, 1980)

Dalam memudahkan melakukan perhitungan debit efektif dengan metode FJ Mock maka dibuatkan tabel perhitungan pada Microsoft excel yang dapat dilihat pada tabel 38 dan untuk rekapitulasi hasil perhitungan debit efektif DAS Siwa metode FJ Mock dari tahun 2014–2023 dapat dilihat pada tabel 39.

Tabel 39. Analisis Debit Efektif DAS Siwa Tahun 2014

No.	Uraian			Bulan											
				Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov	Des
1.	Curah Hujan (P)	mm	Data	319,44	228,13	230,19	207,89	36,28	6,03	27,17	0,00	0,00	150,10	182,00	433,60
2.	Hari Hujan (h)	Hari	Data	17	16	12	14	3	1	2	0	0	5	11	18
Evapotranspirasi Aktual (Ea) (mm/bulan)															
3.	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	mm	Data	134,23	112,34	153,92	144,44	153,79	145,33	136,05	129,59	123,74	120,69	123,26	113,03
4.	Permukaan Lahan Terbuka (m)	%	Asumsi	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%
5.	$(m/20) \cdot (18-h)$		Hitung	0,01	0,03	0,09	0,07	0,23	0,26	0,24	0,27	0,27	0,20	0,10	-0,01
6.	$E = (Eto) \cdot (m/20) \cdot (18-h)$	mm	(3) * (5)	1,21	3,74	13,28	9,63	35,10	38,00	32,77	34,99	33,41	24,39	12,70	-0,63
7.	$Ea = Eto - E$	mm	(3)-(6)	133,02	108,60	140,64	134,81	118,70	107,33	103,28	94,60	90,33	96,30	110,56	113,66
Keseimbangan Air (Water Balance)															
8.	$Ds = P - Ea$	mm	(1)-(7)	186,42	119,53	89,54	73,08	-82,42	-101,30	-76,10	-94,60	-90,33	53,80	71,44	319,94
9.	Soil Moisture Capacity (SMC)	mm	200	200	200	200	200	118	16	-60	-154	-245	200	200	200
10.	Soil Moisture Storage (SMS)	mm	(8) + (9)	386,42	319,53	289,54	273,08	35,17	-85,01	-135,92	-249,02	-335,08	253,80	271,44	519,94
11.	Soil Storage (SS)	mm	Hitung	0,00	0,00	0,00	0,00	-82,42	-101,30	-76,10	-94,60	-90,33	0,00	0,00	0,00
12.	Water Surplus (WS)	mm	(8)-(11)	186,42	119,53	89,54	73,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	53,80	71,44	319,94

Lanjutan

Aliran & Penyimpanan Air Tanah (mm/bulan)															
13.	Infiltrasi (If)	mm	$i \cdot (11)$	111,85	71,72	53,73	43,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	32,28	42,87	191,96
14.	$0,5 \cdot (1+k) \cdot If$		Hitung	89,48	57,37	42,98	35,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,82	34,29	153,57
15.	$k \cdot V(n-1)$		Hitung	64,80	92,57	89,97	79,77	68,91	41,34	24,81	14,88	8,93	5,36	18,71	31,80
16.	Volume Penyimpanan (V_n)	mm	$(14)+(15)$	154,28	149,94	132,95	114,85	68,91	41,34	24,81	14,88	8,93	31,18	53,00	185,37
17.	Perubahan Volume Air (ΔV_n)	mm	$V_n - V_{n-1}$	-31,09	-4,34	-17,00	-18,10	-45,94	-27,56	-16,54	-9,92	-5,95	22,25	21,82	132,37
18.	Base Flow (BF)	mm	$(13)-(17)$	142,94	76,06	70,72	61,95	45,94	27,56	16,54	9,92	5,95	10,03	21,05	59,59
19.	Direct Runoff (DR)	mm	$(12)-(13)$	74,57	47,81	35,82	29,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,52	28,58	127,97
20.	Total Runoff (TRO)	mm	$(18)+(19)$	217,51	123,87	106,54	91,18	45,94	27,56	16,54	9,92	5,95	31,55	49,62	187,57
Debit Efektif Sungai															
21.	Debit Efektif Sungai (Q)	m^3/dtk	Hitung	55,50	34,99	27,19	24,04	11,72	7,27	4,22	2,53	1,57	8,05	12,66	49,46

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 40. Rekapitulasi Debit Efektif DAS Siwa

Tahun	Drbit Efektif DAS Siwa (m^3/dtk)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
2014	55,50	34,99	27,19	24,04	11,72	7,27	4,22	2,53	1,57	8,05	12,66	49,46
2015	50,50	71,37	55,02	27,91	18,49	10,92	6,34	3,80	2,36	1,37	7,56	24,75
2016	95,32	58,84	36,31	19,81	11,50	7,13	4,14	2,48	1,54	0,89	33,74	67,03
2017	62,05	62,75	42,30	22,11	12,84	7,96	4,62	2,77	1,72	8,05	22,49	48,45
2018	22,57	47,11	34,47	19,51	10,91	6,76	3,93	2,36	1,46	0,85	0,51	23,76
2019	44,73	34,54	25,42	21,55	10,65	6,60	3,83	2,30	1,43	0,83	11,74	43,12
2020	8,67	24,12	16,69	8,89	5,16	3,20	1,86	1,12	0,69	0,40	0,24	14,64
2021	101,09	70,95	39,26	22,30	12,95	8,03	4,66	2,80	1,73	1,01	5,52	57,77
2022	78,39	90,08	59,88	59,79	32,55	19,18	11,14	6,68	4,14	6,21	24,20	52,32
2023	69,67	34,89	33,27	34,33	25,68	13,61	7,90	4,74	2,94	1,71	21,54	46,20
Rata-rata	58,85	52,96	36,98	26,02	15,25	9,07	5,26	3,16	1,96	2,94	14,02	42,75

Sumber: Hasil Perhitungan

Dalam hasil analisis tersebut dinyatakan bahwa debit efektif air mengalami kelebihan air pada bulan Januari hingga April serta awal Desember. Hal dikarenakan intensitas curah hujan yang cukup tinggi pada bulan-bulan tersebut dan juga jumlah hari terjadinya hujan pada bulan-bulan tersebut lebih lama. Sedangkan debit efektif air mengalami penurunan pada Mei hingga November karena intensitas hujan yang berkurang dan dipengaruhi oleh faktor permukaan lahan terbuka pada *catchment area* DAS Siwa. Semakin banyak pemanfaatan lahan terbuka dalam hal ini sebagai ladang sawah, maka jumlah debit efektif air akan semakin mengalami penurunan.

2. Koefisien Regim Sungai DAS Siwa

Dalam studi ini dilakukan perhitungan koefisien regim sungai (KRS) DAS Siwa sebagai salah satu indikator untuk mengetahui kemampuan DAS Siwa yang berfungsi sebagai *catchment area*. Koefisien regim sungai merupakan perbandingan debit maksimum dengan debit minimum. Berikut merupakan contoh perhitungan koefisien regim sungai, diambil data pada tahun 2014:

$$KRS = \frac{Q_{\max}}{Q_{\min}}$$

$$KRS = \frac{55,50}{1,57} = 35,36$$

Dari hasil perhitungan koefisien regim sungai pada tahun 2014 diperoleh nilai 35,36 termasuk kedalam kriteria baik sesuai dengan tabel. Berikut merupakan hasil lengkap perhitungan koefisien regim sungai DAS Siwa tahun 2014-2023.

Tabel 41. Koefisien Regim Sungai (KRS) DAS Siwa

Tahun	Q _{max} (m/dtk)	Q _{min} (m/dtk)	KRS (Q _{max} /Q _{min})	Kriteria
2014	55,50	1,57	35,36	Baik
2015	71,37	1,37	52,12	Sedang
2016	95,32	0,89	106,60	Sedang
2017	62,75	1,72	36,51	Baik
2018	47,11	0,51	92,59	Sedang
2019	44,73	0,83	54,00	Sedang
2020	24,12	0,24	100,13	Sedang
2021	101,09	1,01	100,39	Sedang
2022	90,08	4,14	21,75	Baik
2023	69,67	1,71	40,81	Baik
Rata-rata	66,17	1,40	47,31	Baik

Sumber: Hasil Perhitungan

3. Koefisien Limpasan DAS Siwa

Nilai koefisien limpasan merupakan nilai untuk menentukan suatu DAS telah mengalami kerusakan atau gangguan fisik. Semakin besar nilai C menunjukkan sebagian besar air hujan menjadi limpasan, maka ancaman banjir semakin besar. Berikut ini merupakan perhitungan nilai koefisien limpasan berdasarkan tutupan lahan pada *catchment area* DAS Siwa.

$$CDAS = \frac{(272,49 \times 0,02) + (65,54 \times 0,03) + (9,20 \times 0,6) + (15,40 \times 0,07) + (139,65 \times 0,1) + (95,92 \times 0,1) + (2,95 \times 0,1) + (65,29 \times 0,15) + (15,20 \times 0,05) + (1,77 \times 0,2)}{683,446}$$

$$CDAS = 0,071$$

Tabel 42. Koefisien Limpasan DAS Siwa

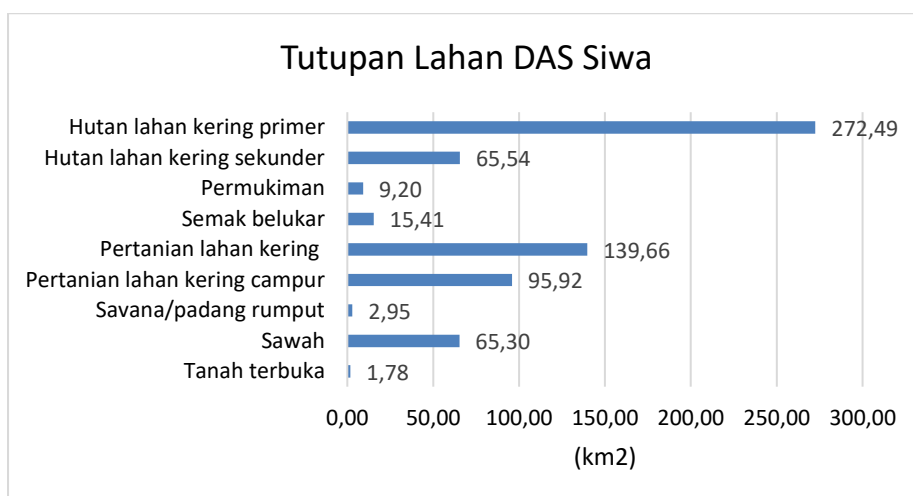
No.	Tutupan Lahan	Luas (km ²)	C
1.	Hutan lahan kering primer	272,492	0,02
2.	Hutan lahan kering sekunder	65,541	0,03
3.	Permukiman	9,204	0,6
4.	Semak belukar	15,406	0,07
5.	Pertanian lahan kering	139,656	0,1
6.	Pertanian lahan kering campur	95,92	0,1
7.	Savana/padang rumput	2,951	0,1
8.	Sawah	65,298	0,15
9.	Tambak	15,202	0,05
10.	Tanah terbuka	1,776	0,2
		683,446	0,07

Sumber: Hasil Perhitungan

G. Pembahasan

1. Kondisi Tutupan Lahan DAS Siwa

Dalam studi ini penulis melakukan penelitian terhadap tutupan lahan catchment area DAS Siwa dimaksudkan untuk mengetahui kondisi dan tingkat kerentanan serta potensi lahan DAS Siwa sebagai akibat alami maupun dampak intervensi manusia terhadap parameter-parameter hidrologi. Berdasarkan hasil analisis menggunakan teknik pemantauan citra satelit yang kemudian di overlay kedalam software ArcGis, diketahui bahwa terdapat 10 jenis tutupan lahan yang ada pada catchment area DAS Siwa. Sesuai dengan tabel 10, sebagian besar tutupan lahan yang ada di DAS Siwa adalah 39,9% tertutup oleh lahan hutan kering primer yang merupakan hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan kering berupa hutan dataran rendah yang masih kompak dan belum mengalami intervensi manusia. Berikut merupakan hasil analisis tutupan lahan yang diperoleh pada catchment area DAS Siwa.



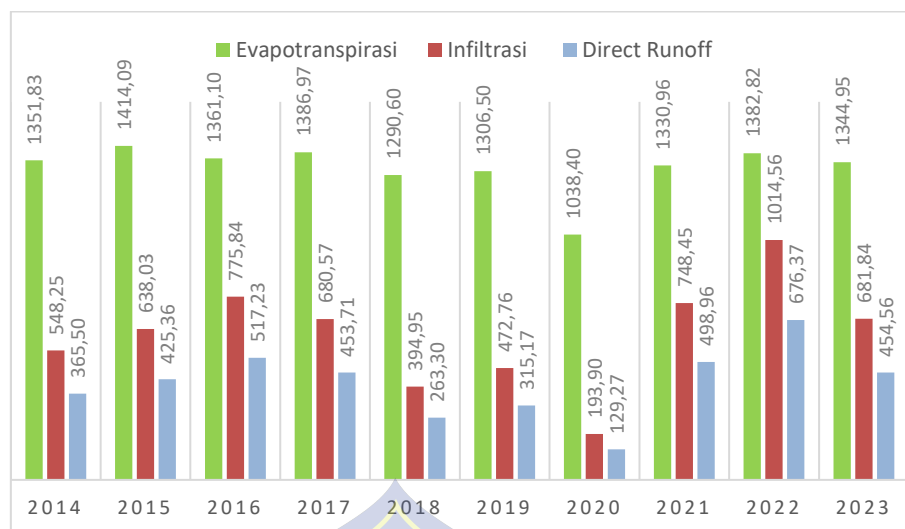
Gambar 10. Tutupan Lahan DAS Siwa

Sesuai dengan keputusan Menteri Kehutanan No 52/Kpts-II/2001 bahwa salah satu cara untuk melakukan penilaian, monitoring dan evaluasi kondisi tutupan lahan pada suatu wilayah dapat ditinjau dari nilai indeks penutup lahan oleh vegetasi pada wilayah tersebut. Berdasarkan hasil perhitungan nilai indeks penutup lahan oleh vegetasi diketahui bahwa 49,5% lahan pada *catchment area* DAS Siwa tertutup oleh vegetasi hutan. Dengan menyesuaikan nilai tersebut kedalam tabel 2 (kriteria nilai indeks penutup lahan) maka diketahui kondisi tutupan lahan DAS Siwa pada saat ini tergolong kedalam kriteria sedang yang artinya kondisi tutupan lahan bervegetasi pada *catchment area* DAS Siwa masih cukup dominan.

2. Dampak Parameter Hidrologi DAS Siwa

Menurut Lisa Tanika (2022) dalam buku panduan pemodelan kinerja DAS, salah satu cara menilai kondisi parameter hidrologi adalah dengan model hidrologi. Model hidrologi merupakan suatu representasi matematik sistem respon DAS sehingga dapat dipakai untuk mensimulasikan kondisi input-output dari DAS.

Dalam studi yang dilakukan pada *catchment area* DAS Siwa, penulis menggunakan model hidrologi sistem neraca air FJ Mock dengan mengasumsikan data iklim periode 2014-2023 dan tutupan lahan yang menjadi masukan adalah tetap dengan kondisi tutupan lahan *catchment area* DAS Siwa pada saat ini. Dampak hidrologi yang diperoleh dari hasil studi dapat dilihat pada gambar berikut.



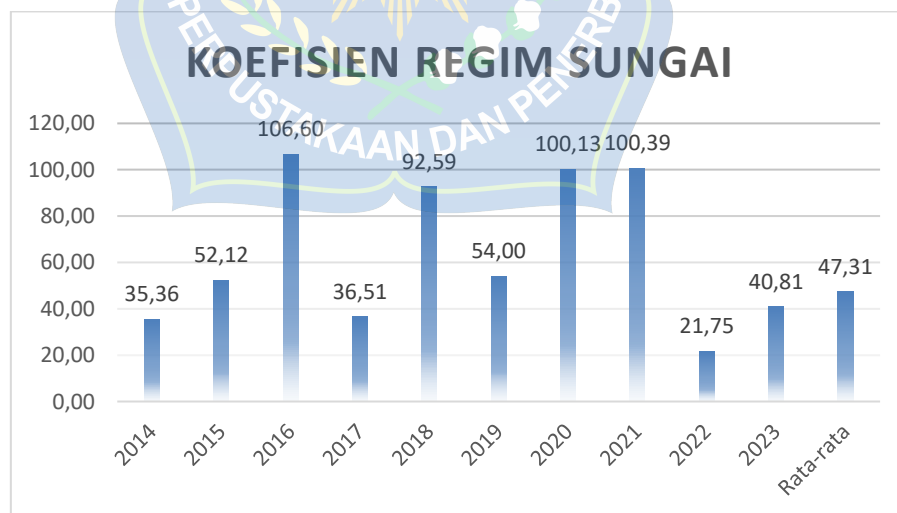
Gambar 11. Grafik Dampak Parameter Hidrologi DAS Siwa

Berdasarkan grafik diatas diketahui bahwa jumlah air yang terevapotranspirasi pada tahun 2014-2023 adalah 1038,40 mm - 1414,09 mm, jumlah air yang terinfiltrasi kedalam tanah adalah 193,90 mm - 1014,56 mm dan jumlah air yang menjadi limpasan langsung adalah 129,27 mm - 676,37 mm.

Dengan angka tersebut dapat dinyatakan bahwa jumlah air yang terevapotranspirasi pada *catchment area* DAS Siwa lebih besar dibanding jumlah air yang terinfiltrasi dan jumlah air yang menjadi limpasan langsung (*direct runoff*). Selain disebabkan oleh faktor kondisi iklim, kondisi tersebut juga disebabkan oleh faktor kondisi tutupan lahan pada *catchment area* DAS Siwa yang sebagian besar tertutup oleh vegetasi dengan tingkat kerapatan sedang (sesuai dengan tabel 10), dimana sebagian besar jumlah air hujan tidak langsung jatuh ke permukaan tanah melainkan diintersepasi oleh tajuk vegetasi yang kemudian langsung mengalami evaporasi.

Kondisi tersebut sesuai dengan pernyataan Halim (2016) dalam bukunya yang berjudul kajian perubahan *landuse* terhadap respon hidrologi mengatakan bahwa selama kejadian hujan, tajuk pohon dapat mengintersepsi dan menyimpan sejumlah air hujan dalam bentuk lapisan tipis air (*water film*) pada permukaan daun dan batang yang selanjutnya akan mengalami evaporasi sebelum jatuh ke tanah sehingga dapat menurunkan jumlah *runoff*.

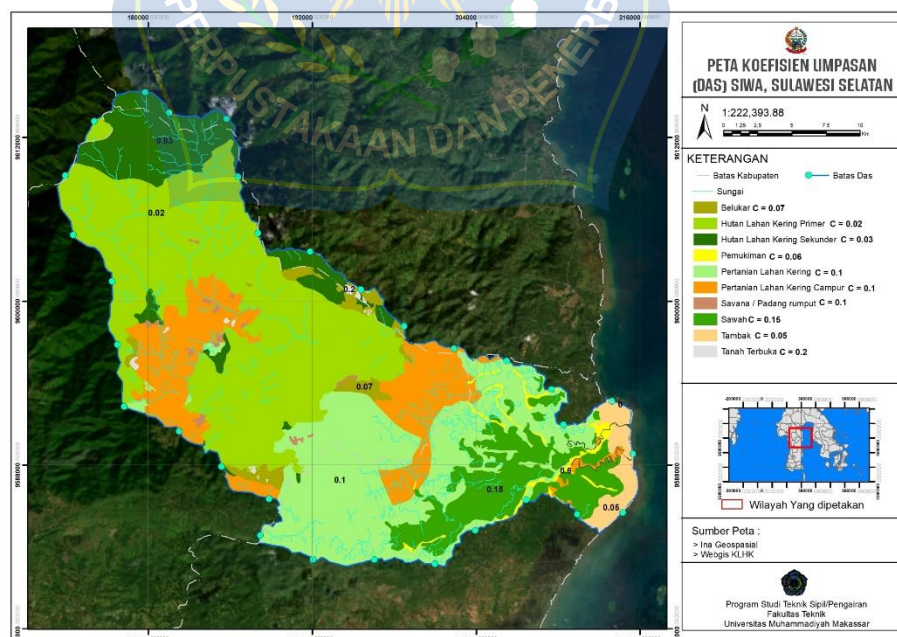
Fluktuasi debit DAS Siwa dari tahun 2014-2023 dapat dilihat dari nilai koefisien regim sungai (KRS) yang tersaji pada grafik gambar 12. Nilai koefisien regim sungai di DAS Siwa diperoleh dari hasil membandingkan nilai debit maksimum dan nilai debit minimum pertahunnya berdasarkan hasil analisis debit efektif menggunakan sistem neraca air FJ Mock.



Gambar 12. Grafik Koefisien Regim Sungai DAS Siwa

Berdasarkan hasil perhitungan parameter koefisien regim sungai menggunakan data rata-rata debit maksimum dan minimum tahun 2014-2023, nilai KRS DAS Siwa adalah sebesar 47,31 dan tergolong kedalam kategori baik (sesuai dengan tabel 40). Nilai koefisien regim sungai yang baik menunjukkan bahwa fluktuasi debit air DAS Siwa masih baik dan dapat dikatakan fungsi hidrologi DAS Siwa sebagai *catchment area* cukup baik dalam menurunkan potensi banjir pada musim hujan dan kekeringan pada musim kemarau.

Nilai koefisien limpasan merupakan nilai untuk menentukan suatu DAS telah mengalami kerusakan atau gangguan fisik. Semakin besar nilai C menunjukkan sebagian besar air hujan menjadi limpasan, maka ancaman banjir semakin besar. Berikut merupakan peta koefisien limpasan berdasarkan tutupan lahan pada *catchment area* DAS Siwa.



Gambar 13. Peta Koefisien Limpasan DAS Siwa

Hasil studi menunjukkan bahwa nilai koefisien limpasan bervariasi masing-masing jenis tutupan lahan *catchment area* DAS Siwa. Koefisien limpasan merupakan parameter penting dalam hidrologi yang menunjukkan proporsi air hujan yang berubah menjadi aliran permukaan.

Berdasarkan gambar 13 diketahui bahwa nilai koefisien limpasan tertinggi yaitu pada tutupan lahan permukiman, sedangkan nilai koefisien terendah yaitu pada tutupan lahan hutan lahan kering primer, sementara untuk nilai koefisien limpasan DAS Siwa secara keseluruhan yaitu 0,07. Nilai koefisien limpasan sebesar 0,02 pada lahan hutan kering primer menunjukkan bahwa sebagian besar air hujan meresap ke dalam tanah dan hanya sedikit yang menjadi aliran permukaan (*direct runoff*). Kondisi tersebut disebabkan oleh vegetasi hutan yang lebat dalam membantu memperlambat laju jatuhnya air hujan ke tanah dan meningkatkan peluang infiltrasi. Kondisi tersebut mencerminkan peran penting hutan alami dalam pengendalian hidrologi dan konservasi air.

Kondisi tersebut sesuai dengan pernyataan Badaruddin (2021) dalam bukunya yang berjudul Hidrologi Hutan mengatakan bahwa kawasan hutan selain dapat berfungsi produksi juga dapat menjadi pengatur tata air dan pelindung terhadap penurunan degradasi tanah oleh hujan karena hutan dapat mendorong peresapan air ke dalam tanah sehingga dapat mengurangi limpasan permukaan.

BAB V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai studi kondisi vegetasi *catchment area* DAS Siwa dan dampaknya terhadap parameter hidrologi, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kondisi eksisting tutupan lahan pada *catchment area* DAS Siwa adalah sebagian besar tertutup oleh lahan bervegetasi dengan tingkat kerapatan sedang dan tergolong kedalam kategori sedang ditinjau dari nilai indeks penutup lahan oleh vegetasi (IPL).
2. Dampak hidrologi yang didapatkan melalui pemodelan hidrologi menggunakan sistem neraca air adalah jumlah air hujan yang menjadi evapotranspirasi dan infiltrasi lebih tinggi dibanding limpasan langsung (*direct runoff*). Nilai koefisien limpasan sebesar 0,07 pada *catchment area* DAS Siwa menunjukkan bahwa sebagian besar air hujan meresap ke dalam tanah dan hanya sedikit yang menjadi aliran permukaan (*direct runoff*). Nilai Koefisien Regim Sungai (KRS) DAS Siwa adalah 47,31 dan tergolong kedalam kategori baik. Nilai koefisien regim sungai yang baik menunjukkan bahwa fluktuasi debit air *catchment area* DAS Siwa masih baik dalam hal ini yaitu menurunkan potensi banjir saat musim hujan dan kekeringan pada saat musim kemarau.

Secara keseluruhan hasil penelitian menunjukan bahwa kondisi lahan yang bervegetasi pada *catchment area* DAS Siwa saat ini adalah relatif baik dan berdampak positif terhadap parameter-parameter hidrologi.

B. Saran

1. Saran untuk penelitian selanjutnya agar dilakukan analisis dinamika perubahan penggunaan lahan dari waktu ke waktu. Hal ini penting untuk memberikan gambaran yang lebih akurat terhadap potensi degradasi lingkungan dan perencanaan pengelolaan *catchment area* DAS Siwa secara berkelanjutan.
2. Pemeliharaan dan peningkatan tutupan lahan bervegetasi pada *catchment area* DAS Siwa perlu terus dilakukan untuk menjaga kestabilan parameter hidrologi, terutama dalam menghadapi perubahan iklim dan tekanan penggunaan lahan, mengingat potensi perubahan lahan bervegetasi di masa depan akibat aktivitas antropogenik seperti konversi lahan pertanian, pembangunan pemukiman dan pembukaan hutan yang menjadi perhatian khusus.

DAFTAR PUSTAKA

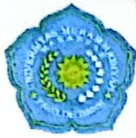
- Asdak, C. 2002. *Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Asdak, C. 2010. *Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Ardiansyah, E. Y., Tibri, T., Lismawaty, L., Fitrah, A., Azan, S., & Sembiring, J. A. 2019, May. *Analisa pengaruh sifat fisik tanah terhadap laju infiltrasi air*. In Prosiding Seminar Nasional Teknik UISU (SEMNASTEK)
- Arsyad, S. 1989. *Pengawetan tanah dan air*. Departemen Ilmu Tanah Fakultas Pertanian IPB. Bogor.
- Bowles, J. E. 1989. *Sifat-sifat Fisis dan Geotek Tanah (Mekanika Tanah)*. Jakarta: Erlangga.
- Bermanakusumah, R. 1978. *Erosi, Penyebab dan Pengendaliannya*. Fakultas Pertanian. Universitas Padjajaran. Bandung.
- Bambang Triatmodjo, 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta
- Bambang Triatmodjo, 2010. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta
- Chow, T. L., Rees, H. W., & Daigle, J. L. 1999. *Effectiveness of terraces/grassed waterway systems for soil and water conservation: A field evaluation*. Journal of soil and water conservation
- Daryanto, 2004. *Masalah Pencemaran*. PT. Tarsito : Bandung
- Das, Braja, m. 1998. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) jilid-I*. Erlangga : Jakarta.
- Darwis, H., & Sc, M. 2018. *Dasar-dasar Mekanika Tanah*. Yogyakarta: Pena Indis.
- Dipa, H., Fauzi, M., & Handayani, Y. L. 2021. *Analisis tingkat laju infiltrasi pada daerah aliran sungai (DAS) Sail*. Jurnal Teknik
- Dhalhar, M.A. 1972. *Process and Field Evaluation Of Infiltration Rate*. A “Plan B” Paper for the M.Sc. Degree. The University of Minnesota
- Eagleson, P. S. 1972. *Dynamics of flood frequency*. Water Resources Research

- Firmanda, R. R., Harisuseno, D., & Hendrawan, A. P. 2022. *Studi Pengaruh Sifat Fisik Tanah terhadap Laju Infiltrasi pada Lahan Pertanian*. Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air, 2(1)
- Giarto, R. B., & Kiptiah, M. 2023. *Pengaruh Variasi Lubang Resapan Biopori Berbahan Organik Rumah Tangga Terhadap Laju Infiltrasi Pada Daerah Rawan Banjir Di Kota Balikpapan*. Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil
- Govindaraju, R. S., Koelliker, J. K., Banks, M. K., & Schwab, A. P. 1996. *Comparison of spatial variability of infiltration properties at two sites in Konza prairie of East-Central Kansas*. Journal of Hydrologic Engineering, 1(3)
- Hakim, dkk., 1986. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Penerbit Universitas Lampung., Lampung.
- Hardiyatmo, Hary C. 2012. *Mekanika Tanah 1*. Penerbit Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Hanafiah, K.A. 2012. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Cetakan V, Rajawali Press Jakarta
- Horton, R. E. 1939. *Analysis of runoff-plat experiments with varying infiltration-capacity*. Eos, Transactions American Geophysical Union
- Harto, S. 1993. *Analisis hidrologi*. Jakarta: Gramedia pustaka utama, 3
- Hawari, S. D., & Siswanto, T. 2020. *Analisis tingkat laju infiltrasi pada sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Kampar outlet Rimbo Panjang*. Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau
- Januardin, J. 2021. *Pengukuran Laju Infiltrasi pada Tata Guna Lahan yang Berbeda di Desa Tanjung Selamat Kecamatan Medan Tuntungan Medan* (Doctoral dissertation, Universitas Sumatera Utara)
- Kartasapoetra, A.G dan Sutedjo, M.M. 1991. *Teknologi Konservasi Tanah dan Air*. Bhineka Cipta : Jakarta
- Lee, R. 1990. *Hidrologi Hutan*. UGM Press : Yogyakarta
- Soemarto, C. D. 1999. *Hidrologi Teknik*, Penerbit Erlangga.
- Seyhan, E., & Subagyo, S. 1990. *Dasar-dasar hidrologi*. Gadjah Mada University Press

- Sarief, S. 1980. *Fisika Tanah Dasar*. Serial Publikasi Ilmu-Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran. Bandung
- Suin, S., & Khatua, B. B. 2012. *Exfoliated and optically transparent polycarbonate/clay nanocomposites using phosphonium modified organoclay: preparation and characterizations*. Industrial & engineering chemistry research
- Wilson, W., & Susilo, A. J. 1989. *Perbandingan Penurunan Konsolidasi Pada Tanah Yang Belum Diperbaiki Serta Yang Diperbaiki Dengan Preloading Dan Pemancangan Keliling*. JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil,



LAMPIRAN I
SURAT PERMOHONAN PENGAMBILAN
DATA CURAH HUJAN



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Nomor : 104/05/C.4-VI/1/46/2025
Lamp. : -
Hal : Permohonan Pengambilan Data

Makassar, 22 Rajab 1446 H
22 Januari 2025 M

Kepada yang Terhormat,
Kepala BBWS Pompa Jeneberang

Di -
Tempat

Assalamu 'Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan Rahmat Allah SWT, Semoga aktivitas kita bernilai ibadah di Sisi - Nya. Dalam rangka penyelesaian Tugas Sarjana / Tugas Akhir Mahasiswa pada Program Studi Teknik Pengairan atas nama:

No.	Stambuk	Nama
1.	105 81 11017 18	ILHAM DWI CAHYA
2.	105 81 11032 18	KHAERUL KURNIAWAN RAHMAN

dengan judul tugas akhir "*Studi Kondisi Vegetasi Catchment Area DAS Siwa dan Dampaknya Terhadap Parameter Hidrologi*". Maka dengan ini kami meminta kesediaan bapak/ibu kiranya berkenan membantu mahasiswa(i) tersebut di atas dalam kegiatan yang dimaksud.

Adapun bantuan yang dimaksud berupa permohonan pengambilan data berupa:

1. Data Curah Hujan DAS Siwa
2. Data Debit Sungai DAS Siwa

Demikian surat kami atas perhatian dan kerja samanya kami haturkan banyak terima kasih.

Jazakumullah Khaeran Katsiran
Wassalamu 'Alaikum warahmatullah Wabarakatuh

Ketua Program Studi
Teknik Pengairan

Ir. M. Agusalm, ST., MT
NBM. 947 993

Tembusan: Kepada Yang Terhormat,
1. Dekan Fakultas Teknik
2. Arsip

Gedung Menara Iqra Lantai 3
Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221
Web: <https://teknik.unismuh.ac.id/>, e-mail: teknik@unismuh.ac.id pengairan@unismuh.ac.id





**UNIT PELAYANAN TERPADU
BBWS POMPENGAN JENEBERANG**

TANDA TERIMA

Telah diterima Surat dari : UNISMUH FAK TEKNIK PENGAIRAN
Nomor Surat : 104/05/C.4-VI/I/46/2025
Tanggal Surat : 22 Januari 2025
Perihal : Permohonan Data Penelitian

Makassar, 22 Januari 2025

Penerima :

08820177710

LAMPIRAN ii
PERHITUNGAN NERACA AIR METODE FJ. MOCK



PERHITUNGAN NERACA AIR DAS SIWA METODE FJ. MOCK 2014

No.	Uraian			Bulan											
				Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov	Des
1.	Curah Hujan (P)	mm	Data	319,44	228,13	230,19	207,89	36,28	6,03	27,17	0,00	0,00	150,10	182,00	433,60
2.	Hari Hujan (h)	Hari	Data	17	16	12	14	3	1	2	0	0	5	11	18
Evapotranspirasi Aktual (Ea) (mm/bulan)															
3.	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	mm	Data	134,23	112,34	153,92	144,44	153,79	145,33	136,05	129,59	123,74	120,69	123,26	113,03
4.	Permukaan Lahan Terbuka (m)	%	Asumsi	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%
5.	$(m/20) \cdot (18-h)$		Hitung	0,01	0,03	0,09	0,07	0,23	0,26	0,24	0,27	0,27	0,20	0,10	-0,01
6.	$E = (Eto) \cdot (m/20) \cdot (18-h)$	mm	(3) * (5)	1,21	3,74	13,28	9,63	35,10	38,00	32,77	34,99	33,41	24,39	12,70	-0,63
7.	$Ea = Eto - E$	mm	(3)-(6)	133,02	108,60	140,64	134,81	118,70	107,33	103,28	94,60	90,33	96,30	110,56	113,66
Keseimbangan Air (Water Balance)															
8.	$Ds = P - Ea$	mm	(1)-(7)	186,42	119,53	89,54	73,08	-82,42	-101,30	-76,10	-94,60	-90,33	53,80	71,44	319,94
9.	Soil Moisture Capacity (SMC)	mm	200	200	200	200	200	118	16	-60	-154	-245	200	200	200
10.	Soil Moisture Storage (SMS)	mm	(8) + (9)	386,42	319,53	289,54	273,08	35,17	-85,01	-135,92	-249,02	-335,08	253,80	271,44	519,94
11.	Soil Storage (SS)	mm	Hitung	0,00	0,00	0,00	0,00	-82,42	-101,30	-76,10	-94,60	-90,33	0,00	0,00	0,00
12.	Water Surplus (WS)	mm	(8)-(11)	186,42	119,53	89,54	73,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	53,80	71,44	319,94

Lanjutan

Aliran & Penyimpanan Air Tanah (mm/bulan)															
13.	Infiltrasi (If)	mm	$i \cdot (11)$	111,85	71,72	53,73	43,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	32,28	42,87	191,96
14.	$0,5 \cdot (1+k) \cdot If$		Hitung	89,48	57,37	42,98	35,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,82	34,29	153,57
15.	$k \cdot V(n-1)$		Hitung	64,80	92,57	89,97	79,77	68,91	41,34	24,81	14,88	8,93	5,36	18,71	31,80
16.	Volume Penyimpanan (V_n)	mm	$(14)+(15)$	154,28	149,94	132,95	114,85	68,91	41,34	24,81	14,88	8,93	31,18	53,00	185,37
17.	Perubahan Volume Air (ΔV_n)	mm	$V_n - V_{n-1}$	-31,09	-4,34	-17,00	-18,10	-45,94	-27,56	-16,54	-9,92	-5,95	22,25	21,82	132,37
18.	Base Flow (BF)	mm	$(13)-(17)$	142,94	76,06	70,72	61,95	45,94	27,56	16,54	9,92	5,95	10,03	21,05	59,59
19.	Direct Runoff (DR)	mm	$(12)-(13)$	74,57	47,81	35,82	29,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,52	28,58	127,97
20.	Total Runoff (TRO)	mm	$(18)+(19)$	217,51	123,87	106,54	91,18	45,94	27,56	16,54	9,92	5,95	31,55	49,62	187,57
Debit Efektif Sungai															
21.	Debit Efektif Sungai (Q)	m^3/dtk	Hitung	55,50	34,99	27,19	24,04	11,72	7,27	4,22	2,53	1,57	8,05	12,66	49,46

Lanjutan

Aliran & Penyimpanan Air Tanah (mm/bulan)															
13.	Infiltrasi (If)	mm	$i^*(11)$	195,35	189,46	117,60	0,00	10,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,49	94,83
14.	$0,5 \cdot (1+k) \cdot If$		Hitung	156,28	151,56	94,08	0,00	8,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,39	75,86
15.	$k \cdot V(n-1)$		Hitung	64,80	132,65	170,53	158,76	95,26	62,10	37,26	22,36	13,41	8,05	4,83	17,53
16.	Volume Penyimpanan (V_n)	mm	$(14)+(15)$	221,08	284,21	264,61	158,76	103,51	62,10	37,26	22,36	13,41	8,05	29,22	93,39
17.	Perubahan Volume Air (ΔV_n)	mm	$V_n - V_{n-1}$	127,69	63,13	-19,61	-105,84	-55,26	-41,40	-24,84	-14,91	-8,94	-5,37	21,17	64,18
18.	Base Flow (BF)	mm	$(13)-(17)$	67,67	126,32	137,21	105,84	65,57	41,40	24,84	14,91	8,94	5,37	9,32	30,65
19.	Direct Runoff (DR)	mm	$(12)-(13)$	130,23	126,30	78,40	0,00	6,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,32	63,22
20.	Total Runoff (TRO)	mm	$(18)+(19)$	197,90	252,63	215,60	105,84	72,44	41,40	24,84	14,91	8,94	5,37	29,64	93,87
Debit Efektif Sungai															
21.	Debit Efektif Sungai (Q)	m^3/dtk	Hitung	50,50	71,37	55,02	27,91	18,49	10,92	6,34	3,80	2,36	1,37	7,56	24,75

PERHITUNGAN NERACA AIR DAS SIWA METODE FJ. MOCK 2016

[illegible]

Lanjutan

Aliran & Penyimpanan Air Tanah (mm/bulan)															
13.	Infiltrasi (If)	mm	$i^*(11)$	202,24	135,72	51,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	150,12	236,43
14.	$0,5 \cdot (1+k) \cdot If$		Hitung	161,79	108,58	41,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	120,10	189,14
15.	$k \cdot V(n-1)$		Hitung	64,80	135,95	146,72	112,67	67,60	40,56	24,34	14,60	8,76	5,26	3,15	73,95
16.	Volume Penyimpanan (V_n)	mm	$(14)+(15)$	226,59	244,53	187,78	112,67	67,60	40,56	24,34	14,60	8,76	5,26	123,25	263,09
17.	Perubahan Volume Air (ΔV_n)	mm	$V_n - V_{n-1}$	-36,50	17,94	-56,75	-75,11	-45,07	-27,04	-16,22	-9,73	-5,84	-3,50	118,00	139,84
18.	Base Flow (BF)	mm	$(13)-(17)$	238,74	117,78	108,08	75,11	45,07	27,04	16,22	9,73	5,84	3,50	32,13	96,59
19.	Direct Runoff (DR)	mm	$(12)-(13)$	134,82	90,48	34,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,08	157,62
20.	Total Runoff (TRO)	mm	$(18)+(19)$	373,56	208,26	142,30	75,11	45,07	27,04	16,22	9,73	5,84	3,50	132,21	254,20
Debit Efektif Sungai															
21.	Debit Efektif Sungai (Q)	m^3/dtk	Hitung	95,32	58,84	36,31	19,81	11,50	7,13	4,14	2,48	1,54	0,89	33,74	67,03

PERHITUNGAN NERACA AIR DAS SIWA METODE FJ. MOCK 2017

No.	Uraian			Bulan											
				Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov	Des
1.	Curah Hujan (P)	mm	Data	358,99	400,85	277,26	109,26	16,22	32,12	59,57	14,06	18,26	157,55	257,50	410,08
2.	Hari Hujan (h)	Hari	Data	17	15	15	12	2	3	4	1	2	9	12	25
Evapotranspirasi Aktual (Ea) (mm/bulan)															
3.	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	mm	Data	134,23	112,34	153,92	144,44	153,79	145,33	136,05	129,59	123,74	120,69	123,26	113,03
4.	Permukaan Lahan Terbuka (m)	%	Asumsi	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%
5.	$(m/20) \cdot (18-h)$		Hitung	0,02	0,05	0,05	0,09	0,24	0,23	0,21	0,26	0,24	0,14	0,09	-0,11
6.	$E = (Eto) \cdot (m/20) \cdot (18-h)$	mm	(3) * (5)	2,01	5,06	6,93	13,00	36,91	32,70	28,57	33,05	29,70	16,29	11,09	-11,87
7.	$Ea = Eto - E$	mm	(3)-(6)	132,22	107,28	146,99	131,44	116,88	112,63	107,48	96,54	94,04	104,40	112,16	124,89
Keseimbangan Air (Water Balance)															
8.	$Ds = P - Ea$	mm	(1)-(7)	226,77	293,56	130,26	-22,18	-100,66	-80,51	-47,91	-82,49	-75,78	53,15	145,34	285,19
9.	Soil Moisture Capacity (SMC)	mm	200	200	200	200	178	77	-3	-51	-134	-210	200	200	200
10.	Soil Moisture Storage (SMS)	mm	(8) + (9)	426,77	493,56	330,26	155,64	-23,50	-83,86	-99,17	-216,23	-285,30	253,15	345,34	485,19
11.	Soil Storage (SS)	mm	Hitung	0,00	0,00	0,00	-22,18	-100,66	-80,51	-47,91	-82,49	-75,78	0,00	0,00	0,00
12.	Water Surplus (WS)	mm	(8)-(11)	226,77	293,56	130,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	53,15	145,34	285,19

Lanjutan

Aliran & Penyimpanan Air Tanah (mm/bulan)															
13.	Infiltrasi (If)	mm	$i^*(11)$	136,06	176,14	78,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,89	87,20	171,11
14.	$0,5 \cdot (1+k) \cdot If$		Hitung	108,85	140,91	62,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,51	69,76	136,89
15.	$k \cdot V(n-1)$		Hitung	64,80	104,19	147,06	125,75	75,45	45,27	27,16	16,30	9,78	5,87	18,83	53,15
16.	Volume Penyimpanan (V_n)	mm	$(14)+(15)$	173,65	245,10	209,59	125,75	75,45	45,27	27,16	16,30	9,78	31,38	88,59	190,05
17.	Perubahan Volume Air (ΔV_n)	mm	$V_n - V_{n-1}$	-16,40	71,45	-35,51	-83,83	-50,30	-30,18	-18,11	-10,86	-6,52	21,60	57,21	101,46
18.	Base Flow (BF)	mm	$(13)-(17)$	152,46	104,69	113,67	83,83	50,30	30,18	18,11	10,86	6,52	10,29	29,99	69,66
19.	Direct Runoff (DR)	mm	$(12)-(13)$	90,71	117,43	52,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,26	58,14	114,08
20.	Total Runoff (TRO)	mm	$(18)+(19)$	243,17	222,11	165,78	83,83	50,30	30,18	18,11	10,86	6,52	31,55	88,13	183,74
Debit Efektif Sungai															
21.	Debit Efektif Sungai (Q)	m^3/dtk	Hitung	62,05	62,75	42,30	22,11	12,84	7,96	4,62	2,77	1,72	8,05	22,49	48,45

PERHITUNGAN NERACA AIR DAS SIWA METODE FJ. MOCK 2018

[illegible]

Lanjutan

Aliran & Penyimpanan Air Tanah (mm/bulan)															
13.	Infiltrasi (If)	mm	$i^*(11)$	80,08	132,94	71,11	8,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	102,57
14.	$0,5 \cdot (1+k) \cdot If$		Hitung	64,06	106,35	56,89	6,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	82,06
15.	$k \cdot V(n-1)$		Hitung	64,80	77,32	110,20	100,25	64,11	38,47	23,08	13,85	8,31	4,99	2,99	1,79
16.	Volume Penyimpanan (V_n)	mm	$(14)+(15)$	128,86	183,67	167,09	106,85	64,11	38,47	23,08	13,85	8,31	4,99	2,99	83,85
17.	Perubahan Volume Air (ΔV_n)	mm	$V_n - V_{n-1}$	45,01	54,81	-16,58	-60,23	-42,74	-25,64	-15,39	-9,23	-5,54	-3,32	-1,99	80,86
18.	Base Flow (BF)	mm	$(13)-(17)$	35,07	78,13	87,69	68,48	42,74	25,64	15,39	9,23	5,54	3,32	1,99	21,71
19.	Direct Runoff (DR)	mm	$(12)-(13)$	53,39	88,63	47,40	5,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	68,38
20.	Total Runoff (TRO)	mm	$(18)+(19)$	88,46	166,76	135,09	73,99	42,74	25,64	15,39	9,23	5,54	3,32	1,99	90,09
Debit Efektif Sungai															
21.	Debit Efektif Sungai (Q)	m^3/dtk	Hitung	22,57	47,11	34,47	19,51	10,91	6,76	3,93	2,36	1,46	0,85	0,51	23,76

[illegible]

Lanjutan

Aliran & Penyimpanan Air Tanah (mm/bulan)															
13.	Infiltrasi (If)	mm	$i^*(11)$	91,29	77,46	48,18	36,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,82	168,56
14.	$0,5 \cdot (1+k) \cdot If$		Hitung	73,03	61,96	38,54	29,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	40,65	134,85
15.	$k \cdot V(n-1)$		Hitung	64,80	82,70	86,80	75,21	62,62	37,57	22,54	13,53	8,12	4,87	2,92	26,15
16.	Volume Penyimpanan (V_n)	mm	$(14)+(15)$	137,83	144,66	125,34	104,37	62,62	37,57	22,54	13,53	8,12	4,87	43,58	161,00
17.	Perubahan Volume Air (ΔV_n)	mm	$V_n - V_{n-1}$	-23,17	6,83	-19,32	-20,97	-41,75	-25,05	-15,03	-9,02	-5,41	-3,25	38,71	117,42
18.	Base Flow (BF)	mm	$(13)-(17)$	114,45	70,62	67,50	57,43	41,75	25,05	15,03	9,02	5,41	3,25	12,11	51,14
19.	Direct Runoff (DR)	mm	$(12)-(13)$	60,86	51,64	32,12	24,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	33,88	112,38
20.	Total Runoff (TRO)	mm	$(18)+(19)$	175,31	122,26	99,62	81,73	41,75	25,05	15,03	9,02	5,41	3,25	45,99	163,52
Debit Efektif Sungai															
21.	Debit Efektif Sungai (Q)	m^3/dtk	Hitung	44,73	34,54	25,42	21,55	10,65	6,60	3,83	2,30	1,43	0,83	11,74	43,12

PERHITUNGAN NERACA AIR DAS SIWA METODE FJ. MOCK 2020

[illegible]

Lanjutan

Aliran & Penyimpanan Air Tanah (mm/bulan)															
13.	Infiltrasi (If)	mm	$i \cdot (11)$	54,48	48,50	27,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	63,40
14.	$0,5 \cdot (1+k) \cdot If$		Hitung	43,58	38,80	22,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,72
15.	$k \cdot V(n-1)$		Hitung	64,80	65,03	62,30	50,59	30,36	18,21	10,93	6,56	3,93	2,36	1,42	0,85
16.	Volume Penyimpanan (V_n)	mm	$(14)+(15)$	108,38	103,83	84,32	50,59	30,36	18,21	10,93	6,56	3,93	2,36	1,42	51,57
17.	Perubahan Volume Air (ΔV_n)	mm	$V_n - V_{n-1}$	56,81	-4,55	-19,51	-33,73	-20,24	-12,14	-7,29	-4,37	-2,62	-1,57	-0,94	50,15
18.	Base Flow (BF)	mm	$(13)-(17)$	-2,34	53,05	47,04	33,73	20,24	12,14	7,29	4,37	2,62	1,57	0,94	13,25
19.	Direct Runoff (DR)	mm	$(12)-(13)$	36,32	32,33	18,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	42,27
20.	Total Runoff (TRO)	mm	$(18)+(19)$	33,98	85,39	65,39	33,73	20,24	12,14	7,29	4,37	2,62	1,57	0,94	55,51
Debit Efektif Sungai															
21.	Debit Efektif Sungai (Q)	m^3/dtk	Hitung	8,67	24,12	16,69	8,89	5,16	3,20	1,86	1,12	0,69	0,40	0,24	14,64

PERHITUNGAN NERACA AIR DAS SIWA METODE FJ. MOCK 2021

[illegible]

Lanjutan

Aliran & Penyimpanan Air Tanah (mm/bulan)															
13.	Infiltrasi (If)	mm	$i^*(11)$	292,85	151,72	38,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,25	242,93
14.	$0,5 \cdot (1+k) \cdot If$		Hitung	234,28	121,38	30,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,80	194,34
15.	$k \cdot V(n-1)$		Hitung	64,80	179,45	180,50	126,87	76,12	45,67	27,40	16,44	9,87	5,92	3,55	12,81
16.	Volume Penyimpanan (V_n)	mm	$(14)+(15)$	299,08	300,83	211,45	126,87	76,12	45,67	27,40	16,44	9,87	5,92	21,35	207,15
17.	Perubahan Volume Air (ΔV_n)	mm	$V_n - V_{n-1}$	91,92	1,75	-89,37	-84,58	-50,75	-30,45	-18,27	-10,96	-6,58	-3,95	15,43	185,80
18.	Base Flow (BF)	mm	$(13)-(17)$	200,92	149,98	128,07	84,58	50,75	30,45	18,27	10,96	6,58	3,95	6,82	57,13
19.	Direct Runoff (DR)	mm	$(12)-(13)$	195,23	101,15	25,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,83	161,95
20.	Total Runoff (TRO)	mm	$(18)+(19)$	396,15	251,13	153,87	84,58	50,75	30,45	18,27	10,96	6,58	3,95	21,65	219,08
Debit Efektif Sungai															
21.	Debit Efektif Sungai (Q)	m^3/dtk	Hitung	101,09	70,95	39,26	22,30	12,95	8,03	4,66	2,80	1,73	1,01	5,52	57,77

PERHITUNGAN NERACA AIR DAS SIWA METODE FJ. MOCK 2022

No.	Uraian			Bulan											
				Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov	Des
1.	Curah Hujan (P)	mm	Data	439,66	566,52	306,55	329,78	160,67	36,18	41,82	68,83	165,82	157,91	269,70	432,64
2.	Hari Hujan (h)	Hari	Data	23	19	14	16	14	4	3	6	10	12	12	22
Evapotranspirasi Aktual (Ea) (mm/bulan)															
3.	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	mm	Data	109,94	120,06	128,25	125,35	137,14	127,85	133,50	120,51	121,64	141,97	119,59	116,38
4.	Permukaan Lahan Terbuka (m)	%	Asumsi	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%
5.	$(m/20) \cdot (18-h)$		Hitung	-0,08	-0,02	0,06	0,03	0,06	0,21	0,23	0,18	0,12	0,09	0,09	-0,06
6.	$E = (Eto) \cdot (m/20) \cdot (18-h)$	mm	(3) * (5)	-8,25	-1,80	7,70	3,76	8,23	26,85	30,04	21,69	14,60	12,78	10,76	-6,98
7.	$Ea = Eto - E$	mm	(3)-(6)	118,19	121,86	120,56	121,59	128,91	101,00	103,46	98,82	107,04	129,20	108,82	123,36
Keseimbangan Air (Water Balance)															
8.	$Ds = P - Ea$	mm	(1)-(7)	321,47	444,66	185,99	208,19	31,76	-64,82	-61,64	-29,99	58,78	28,71	160,88	309,28
9.	Soil Moisture Capacity (SMC)	mm	200	200	200	200	200	200	135	74	44	102	200	200	200
10.	Soil Moisture Storage (SMS)	mm	(8) + (9)	521,47	644,66	385,99	408,19	231,76	70,36	11,90	13,56	161,10	228,71	360,88	509,28
11.	Soil Storage (SS)	mm	Hitung	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-64,82	-61,64	-29,99	58,78	0,00	0,00	0,00
12.	Water Surplus (WS)	mm	(8)-(11)	321,47	444,66	185,99	208,19	31,76	0,00	0,00	0,00	0,00	28,71	160,88	309,28

Lanjutan

Aliran & Penyimpanan Air Tanah (mm/bulan)															
13.	Infiltrasi (If)	mm	$i \cdot (11)$	192,88	266,80	111,59	124,91	19,06	0,00	0,00	0,00	0,00	17,23	96,53	185,57
14.	$0,5 \cdot (1+k) \cdot If$		Hitung	154,31	213,44	89,28	99,93	15,25	0,00	0,00	0,00	0,00	13,78	77,22	148,45
15.	$k \cdot V(n-1)$		Hitung	64,80	131,46	206,94	177,73	166,60	109,10	65,46	39,28	23,57	14,14	16,75	56,38
16.	Volume Penyimpanan (V_n)	mm	$(14)+(15)$	219,11	344,90	296,22	277,66	181,84	109,10	65,46	39,28	23,57	27,92	93,97	204,84
17.	Perubahan Volume Air (ΔV_n)	mm	$V_n - V_{n-1}$	14,27	125,79	-48,68	-18,56	-95,82	-72,74	-43,64	-26,19	-15,71	4,35	66,05	110,86
18.	Base Flow (BF)	mm	$(13)-(17)$	178,61	141,00	160,28	143,47	114,88	72,74	43,64	26,19	15,71	12,87	30,47	74,70
19.	Direct Runoff (DR)	mm	$(12)-(13)$	128,59	177,86	74,40	83,28	12,70	0,00	0,00	0,00	0,00	11,48	64,35	123,71
20.	Total Runoff (TRO)	mm	$(18)+(19)$	307,20	318,86	234,67	226,74	127,58	72,74	43,64	26,19	15,71	24,36	94,82	198,41
Debit Efektif Sungai															
21.	Debit Efektif Sungai (Q)	m^3/dtk	Hitung	78,39	90,08	59,88	59,79	32,55	19,18	11,14	6,68	4,14	6,21	24,20	52,32

Lanjutan

Aliran & Penyimpanan Air Tanah (mm/bulan)															
13.	Infiltrasi (If)	mm	$i^*(11)$	181,82	45,46	75,41	77,38	43,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	92,75	165,16
14.	$0,5 \cdot (1+k) \cdot If$		Hitung	145,45	36,37	60,33	61,91	35,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	74,20	132,12
15.	$k \cdot V(n-1)$		Hitung	64,80	126,15	97,51	94,70	93,97	77,43	46,46	27,88	16,73	10,04	6,02	48,13
16.	Volume Penyimpanan (V_n)	mm	$(14)+(15)$	210,25	162,52	157,84	156,61	129,05	77,43	46,46	27,88	16,73	10,04	80,22	180,26
17.	Perubahan Volume Air (ΔV_n)	mm	$V_n - V_{n-1}$	30,00	-47,73	-4,68	-1,23	-27,56	-51,62	-30,97	-18,58	-11,15	-6,69	70,19	100,03
18.	Base Flow (BF)	mm	$(13)-(17)$	151,82	93,19	80,09	78,61	71,42	51,62	30,97	18,58	11,15	6,69	22,56	65,12
19.	Direct Runoff (DR)	mm	$(12)-(13)$	121,21	30,31	50,27	51,59	29,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	61,84	110,10
20.	Total Runoff (TRO)	mm	$(18)+(19)$	273,03	123,50	130,36	130,20	100,65	51,62	30,97	18,58	11,15	6,69	84,40	175,22
Debit Efektif Sungai															
21.	Debit Efektif Sungai (Q)	m^3/dtk	Hitung	69,67	34,89	33,27	34,33	25,68	13,61	7,90	4,74	2,94	1,71	21,54	46,20

Bab I KHAERUL KURNIAWAN R. / ILHAM DWI CAHYA 105811103218 / 105811101718

by Tahap Tutup



Submission date: 05-Jul-2025 11:42AM (UTC+0700)

Submission ID: 2710330406

File name: BAB_I_HUMVEE.docx (20.29K)

Word count: 748

Character count: 4911

ORIGINALITY REPORT

9%

SIMILARITY INDEX

9%

INTERNET SOURCES

2%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

eprints.iain-surakarta.ac.id

Internet Source

2%

2

eprints.polsri.ac.id

Internet Source

2%

3

journal.unnes.ac.id

Internet Source

2%

4

journal.uinsgd.ac.id

Internet Source

2%

5

repository.eka-prasetya.ac.id

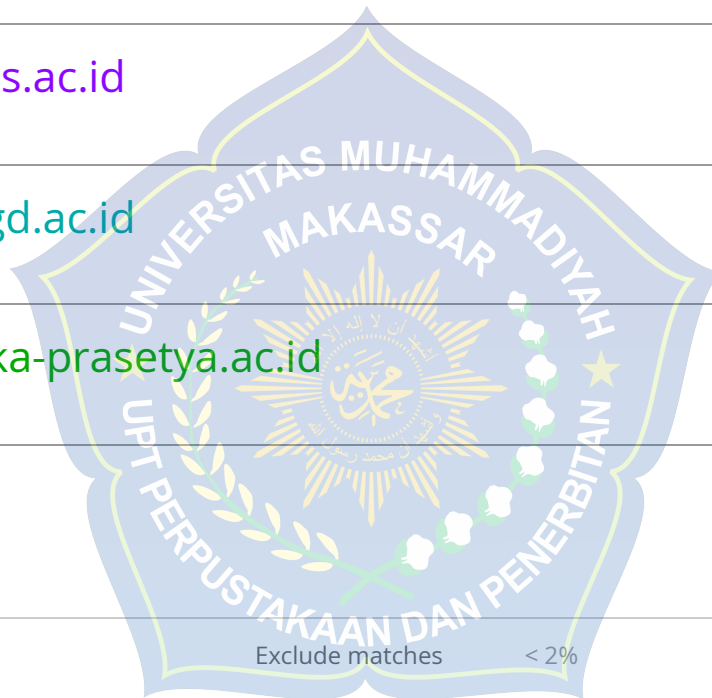
Internet Source

2%

Exclude quotes Off

Exclude bibliography Off

Exclude matches < 2%



Bab II KHAERUL KURNIAWAN R. / ILHAM DWI CAHYA

105811103218 / 105811101718

by Tahap Tutup



Submission date: 05-Jul-2025 11:43AM (UTC+0700)

Submission ID: 2710330579

File name: BAB_II_HUMVEE.docx (135.1K)

Word count: 5689

Character count: 33962

Bab II KHAERUL KURNIAWAN R. / ILHAM DWI CAHYA
105811103218 / 105811101718

ORIGINALITY REPORT

25%

SIMILARITY INDEX

25%

INTERNET SOURCES

3%

PUBLICATIONS

18%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

repository.ub.ac.id

Internet Source

4%

2

repo-dosen.ulm.ac.id

Internet Source

3%

3

etheses.uin-malang.ac.id

Internet Source

3%

4

bbsdip.litbang.pertanian.go.id

Internet Source

3%

5

repository.ipb.ac.id

Internet Source

3%

6

ekowisata.org

Internet Source

2%

7

digilib.itb.ac.id

Internet Source

2%

8

repo.itera.ac.id

Internet Source

2%

9

docshare.tips

Internet Source

2%

Exclude quotes Off

Exclude matches < 2%

Exclude bibliography Off



Bab III KHAERUL KURNIAWAN R. / ILHAM DWI CAHYA 105811103218 / 105811101718

by Tahap Tutup



Submission date: 05-Jul-2025 11:44AM (UTC+0700)

Submission ID: 2710330742

File name: BAB_III_HUMVEE.docx (501.54K)

Word count: 1021

Character count: 6539

ORIGINALITY REPORT

10%	10%	0%	0%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repository.its.ac.id	3%
	Internet Source	
2	www.pasca-umi.ac.id	3%
	Internet Source	
3	www.scribd.com	2%
	Internet Source	
4	123dok.com	2%
	Internet Source	

Exclude quotes Off
Exclude bibliography Off

Exclude matches < 2%



Bab IV KHAERUL KURNIAWAN
R. / ILHAM DWI CAHYA
105811103218 / 105811101718

by Tahap Tutup



Submission date: 05-Jul-2025 11:45AM (UTC+0700)

Submission ID: 2710331062

File name: BAB_IV_HUMVEE.docx (1.75M)

Word count: 8491

Character count: 41932

Bab IV KHAERUL KURNIAWAN R. / ILHAM DWI CAHYA
105811103218 / 105811101718

ORIGINALITY REPORT

9%

SIMILARITY INDEX

9%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

anzdoc.com

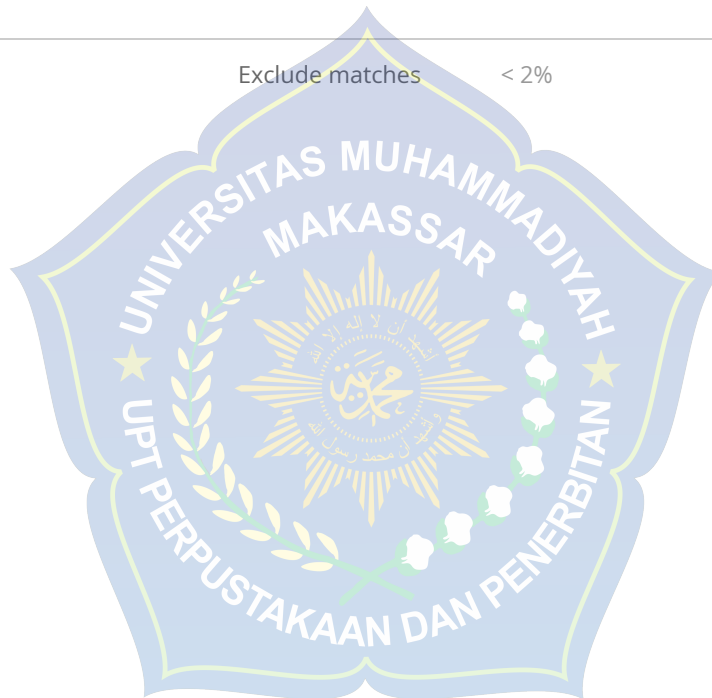
Internet Source

9%

Exclude quotes Off

Exclude bibliography Off

Exclude matches < 2%



Bab V KHAERUL KURNIAWAN R. / ILHAM DWI CAHYA 105811103218 / 105811101718

by Tahap Tutup

Submission date: 05-Jul-2025 11:46AM (UTC+0700)

Submission ID: 2710331279

File name: BAB_V_HUMVEE.docx (17.98K)

Word count: 271

Character count: 1760

Bab V KHAERUL KURNIAWAN R. / ILHAM DWI CAHYA
105811103218 / 105811101718

ORIGINALITY REPORT

5%

SIMILARITY INDEX

5%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

repository.ub.ac.id

Internet Source

5%

Exclude quotes Off
Exclude bibliography Off

Exclude matches < 2%

