

**ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DI DAERAH
ALIRAN SUNGAI WAY SEMAKA TERHADAP PENINGKATAN DEBIT
PUNCAK (STUDI KASUS DAS WAY SEMAKA)**

Skripsi

Oleh

Yunita

NPM 2115013003



**FAKULTAS TEKNIK
mUNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DI DAERAH ALIRAN SUNGAI WAY SEMAKA TERHADAP PENINGKATAN DEBIT PUNCAK (STUDI KASUS DAS WAY SEMAKA)

Oleh

YUNITA

DAS Way Semaka terletak di Provinsi Lampung, berperan penting dalam aktivitas pertanian, permukiman, dan penyediaan air masyarakat. Perubahan tutupan lahan yang intensif akibat alih fungsi hutan menjadi lahan pertanian dan permukiman dalam beberapa tahun terakhir telah memengaruhi keseimbangan hidrologi DAS, yang ditandai dengan peningkatan limpasan permukaan dan debit puncak. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap debit puncak dan respon hidrologi DAS Way Semaka.

Data yang digunakan meliputi citra Landsat 8 tahun 2015, Sentinel-2A tahun 2020 dan 2024, data curah hujan, klimatologi, tekstur tanah, geologi, dan DEMNAS. Transformasi hujan-debit dihitung dengan metode *F.J. Mock* dan *NRECA*, kemudian dirata-ratakan dan dibandingkan dengan hasil debit dari pemodelan *HEC-HMS*. Parameter *Curve Number (CN)* dan *impervious area* digunakan untuk menganalisis perubahan karakteristik limpasan akibat perubahan penggunaan lahan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan tutupan lahan dari hutan ke lahan pertanian tertutup tanaman dan permukiman berpengaruh langsung terhadap nilai *CN*, *impervious area*, dan debit puncak DAS Way Semaka. Pada tahun 2015, luas hutan dan lahan pertanian tertutup tanaman masing-masing sebesar 210,85 km² dan 403,86 km², dengan nilai *CN* 78,91 dan *impervious* 0,15 %, menghasilkan debit puncak 2448,27 m³/detik (*HEC-HMS*). Tahun 2020, penurunan luas hutan menjadi 195,34 km² dan lahan pertanian tertutup tanaman menjadi 346,08 km² meningkatkan debit puncak menjadi 3380,9 m³/detik dengan *CN* 78,17 dan *impervious* 0,15 %. Pada tahun 2024, peningkatan luas hutan menjadi 283,16 km² dan penurunan lahan pertanian tertutup tanaman menjadi 307,39 km² menurunkan nilai *CN* menjadi 77,91 dan *impervious* 0,15 % sehingga debit puncak menjadi 2283,6 m³/detik. Hasil ini menegaskan pentingnya pengelolaan tutupan lahan berkelanjutan untuk menjaga stabilitas hidrologi DAS Way Semaka.

Kata Kunci : Perubahan Tutupan Lahan, *F.J. Mock*, *NRECA*, *HEC-HMS*

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE IMPACT OF LAND COVER CHANGE IN THE WAY SEMAKA WATERSHED ON PEAK DISCHARGE INCREASE (CASE STUDY: WAY SEMAKA WATERSHED)

By

YUNITA

The Way Semaka Watershed is located in Lampung Province and plays an important role in agricultural activities, settlements, and water supply for local communities. Intensive land cover changes due to the conversion of forest areas into agricultural land and settlements in recent years have affected the hydrological balance of the watershed, as indicated by increased surface runoff and peak discharge. This study aims to analyze the influence of land cover changes on peak discharge and the hydrological response of the Way Semaka Watershed. The data used in this study include Landsat 8 imagery from 2015, Sentinel-2A imagery from 2020 and 2024, rainfall data, climatological data, soil texture, geological data, and DEMNAS. Rainfall-runoff transformation was calculated using the F.J. Mock and NRECA methods, and the results were averaged and compared with discharge outputs from HEC-HMS modeling. Curve Number (CN) and impervious area parameters were used to analyze changes in runoff characteristics resulting from land use changes. The results show that land cover changes from forest to agricultural land with vegetation cover and settlements have a direct effect on CN values, impervious areas, and peak discharge in the Way Semaka Watershed. In 2015, forest area and vegetated agricultural land covered 210,85 km² and 403,86 km², respectively, with a CN value of 78,91 and an impervious area of 0,15%, resulting in a peak discharge of 2.448,27 m³/s based on HEC-HMS modeling. In 2020, a decrease in forest area to 195,34 km² and vegetated agricultural land to 346,08 km² increased the peak discharge to 3.380,9 m³/s, with a CN value of 78,17 and an impervious area of 0,15%. In 2024, an increase in forest area to 283,16 km² and a decrease in vegetated agricultural land to 307,39 km² reduced the CN value to 77,91 and maintained the impervious area at 0,15%, resulting in a peak discharge of 2.283,6 m³/s. These findings emphasize the importance of sustainable land cover management to maintain hydrological stability in the Way Semaka Watershed.

Keywords : Land Cover Change, F.J. Mock, NRECA, HEC-HMS

**ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DI DAERAH
ALIRAN SUNGAI WAY SEMAKA TERHADAP PENINGKATAN DEBIT
PUNCAK (STUDI KASUS DAS WAY SEMAKA)**

Oleh

YUNITA

Skripsi

**Sebagai salah satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan teknik Geodesi dan geomatika
Fakultas Teknik Universitas lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

Judul : Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Di
Daerah Aliran Sungai Way Semaka Terhadap
Peningkatan Debit Puncak (Studi Kasus Das
Way Semaka)

Nama Mahasiswa : Yunita

Nomor Pokok Mahasiswa : 2115013003

Program Studi : S1 Teknik Geodesi

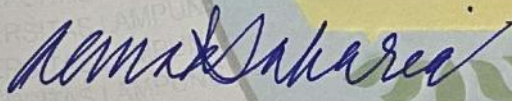
Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

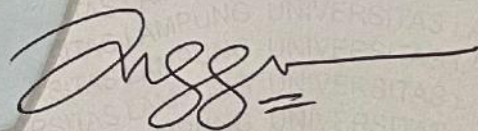
1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II



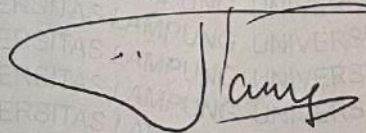
Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D
NIP. 196705141993031002



Anggun Tridawati, S.T., M.T
NIP. 199501302022032016

2. Mengetahui
Ketua Jurusan

Teknik Geodesi dan Geomatika



Ir. Fauzan Mardapa, M.T., IPM
NIP. 196410121992031002

MENGESAHKAN**1. Tim Penguji**

Ketua

: **Ir. Ahmad Zakaria, M. T., Ph.D**

Sekretaris

: **Anggun Tridawati, S.T., M.T**Penguji Utama Bukan Pembimbing : **Ir. Armijon, S.T., M.T, IPU****2. Dekan Fakultas Teknik**: **Dr. Ahmad Herison, S.T., M.T.**

NIP. 196910302000031001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **09 Februari 2026**

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Yunita
Nomor Pokok Mahasiswa : 2115013003
Program Studi : S1 Teknik Geodesi
Jurusan : Teknik Geodesi dan Geomatika
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa yang tertulis di dalam skripsi ini merupakan hasil karya penulis berdasarkan pengetahuan dan informasi yang telah penulis dapatkan. Skripsi ini berisi material yang penulis buat sendiri dan tidak terdapat karya yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam Daftar Pustaka.

Demikian pernyataan ini penulis buat dengan keadaan sadar dan tidak dalam keterpaksaan dan dapat dipertanggung jawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka penulis siap mempertanggung jawabkannya.

Bandar Lampung, 26 Februari 2026



Yunita
2115013003

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung pada tanggal 01 Maret 2003 sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara pasangan Bapak Mislan Wibowo dan Ibu Sukamsih.

Penulis menempuh Pendidikan pertama kali di Sekolah Dasar Dasar 03 Gising Permai pada tahun 2009-2015. Kemudian melanjutkan Sekolah Menengah Pertama pada SMP Negeri 01 Gisting pada tahun 2015-2018. Dan melanjutkan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 01 Sumberejo pada tahun 2018-2021.

Pada tahun 2021, penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Lampung sebagai mahasiswa Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas teknik melalui jalur SNMPTN. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif sebagai anggota dalam organisasi mahasiswa seperti Himpunan Mahasiswa Geodesi (HIMAGES). Pada tahun 2024 penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Cempaka Nuban Kecamatan Batanghari Nuban, Kabupaten Lampung Timur. Kerja Praktik di BPN Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung. Penulis melakukan penelitian Skripsi dengan Judul “Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Di Daerah Aliran Sungai Way Semaka Terhadap Peningkatan Debit Puncak (Studi Kasus Das Way Semaka)”.

PERSEMBAHAN

Allah SWT, atas segala rahmat, karunia, dan ridho-Nya sehingga penulis diberikan kesehatan, kekuatan, dan kelancaran dalam menyelesaikan skripsi ini.

Kedua orang tua tercinta, yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan moral maupun material, serta motivasi tanpa henti sehingga penulis mampu menyelesaikan pendidikan hingga tahap ini.

Teman-teman seperjuangan, yang selalu memberikan semangat, bantuan, dan kebersamaan selama proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan menjadi langkah awal bagi penulis untuk mengabdikan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang.

MOTTO

**Allah akan meninggikan derajat orang-orang yang beriman dan yang
berilmu beberapa derajat
(QS. Al-Mujadilah: 11)**

**Life is like riding a bicycle. To keep your balance, you must keep moving
(Albert Einstein)**

**Selalu sertai usaha dengan doa. Apa yang dimulai dengan kebaikan akan
berakhir dengan kebaikan
(Yunita)**

SANWACANA

Puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan Program S1 Teknik Geodesi di Universitas Lampung.

Kami berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat dan pengetahuan yang bermanfaat bagi pembaca, serta menjadi ide pemikiran dalam perkembangan pengetahuan di bidang yang kami teliti. Tentunya, dalam penyusunan skripsi ini, kami tidak dapat melakukannya sendiri tanpa adanya dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ahmad Herison, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM., selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi Universitas Lampung,
3. Ibu Rahma Anisa, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Akademik.
4. Bapak Romi Fadly, S.T., M.Eng. selaku koordinator Skripsi Jurusan Teknik Geodesi dan Gematika Universitas Lampung.
5. Bapak Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing 1, yang telah membantu dan memberikan arahan serta bimbingan sehingga Skripsi ini dapat berjalan dengan baik.
6. Ibu Anggun Tridawati, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 2, yang sudah memberikan bimbingan, saran dan masukan sehingga Skripsi ini dapat berjalan dengan baik.
7. Bapak Ir. Armijon, S.T., M.T., IPU. Selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik, saran dan masukkan untuk pengembangan Skripsi ini

8. Seluruh Staf Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika yang telah membantu dan memberikan pengarahan dalam proses kepengurusan berkas perkuliahan
9. Kedua orang tua ku, Bapak Mislan Wibowo dan Ibu Sukamsih yang telah memberikan dukungan, semangat sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
10. Kedua kakakku, Kak Hani dan Kak Novi, yang selalu memberikan semangat, memberi nasihat, dan dukungan kepada penulis.
11. Raya, Helene, Gilang, yang telah memberikan semangat, dukungan, serta bersama-sama dari semester awal hingga semester akhir ini.
12. Wulan dan Yasinta yang telah memberikan semangat, dukungan, serta tempat keluh kesah penulis selama ini.
13. Dona, Sandra, Nadila, Melani, Anggita, Hikmal, David, Andi, yang telah memberikan semangat, tertawa bersama, hingga penulis semangat dalam penelitian ini.
14. Serta teman-teman angkatan 2021 S1 Teknik Geodesi yang telah memberikan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam skripsi ini karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman penulis. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat dan menjadi sumbangan ide pemikiran bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dibidang Geodesi.

Bandar Lampung, Februari 2026

Penulis

Yunita
2115013003

DAFTAR ISI

SANWACANA	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xix
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang dan Masalah	1
1.2. Tujuan.....	5
1.3. Batasan Masalah.....	5
1.4. Manfaat Penelitian.....	6
1.5. Hipotesis	7
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1. Penelitian Terdahulu.....	8
2.2. Kajian Wilayah Studi Di DAS Way Semaka	16
2.2.1. Letak dan Batas Wilayah.....	16
2.2.2. Kondisi Topografi dan Morfometri DAS Way Semaka.....	24
2.2.3. Kondisi Geologi	27
2.2.4. Jenis Tanah dan Tekstur Tanah	29
2.2.5. Tutupan Lahan Di DAS Way Semaka	30
2.2.6. Kondisi Hidrologi.....	33
2.2.7. Kondisi Iklim dan Curah Hujan Di DAS Way Semaka	34
2.2.8. Kondisi Sosial dan Aktivitas Manusia	35
2.3. Sistem Informasi Geografis	35
2.3.1. Definisi SIG.....	35
2.3.2. Pemodelan Daerah Aliran Sungai menggunakan SIG	36
2.4. Penginderaan Jauh	36
2.4.1. Citra Sentinel-2A.....	36

2.4.2. Citra Landsat-8 (<i>Surface Reflectan</i>) Level 2	37
2.4.3. Klasifikasi Digital	37
2.4.4. Alogaritma <i>Random Fores/Random Trees</i>	38
2.4.5. Uji Akurasi	39
2.5. Daerah Aliran Sungai	39
2.5.1. Pengertian DAS (Daerah Aliran Sungai)	39
2.5.2. Hidrologi dan Ekosistem DAS	41
2.6. Analisis Hidrologi	43
2.6.1. Uji Konsistensi Data.....	43
2.6.2. Curah Hujan Rerata Daerah	45
2.6.3. Evapotranspirasi	46
2.6.4. Pengalihragaman Data Curah Hujan menjadi Debit	48
2.7. Limpasan Permukaan	55
2.7.1. Metode SCS (<i>Soil Conservation Service</i>).....	55
2.8. Hidrograf Satuan Sintesis	59
2.8.1. Hidrograf Satuan Sintesis <i>Snyder</i>	59
2.9. Debit Puncak Menggunakan Pemodelan Hidrologi Pada <i>HEC-HMS</i>	62
III. METODE PELAKSANAAN	64
3.1. Deskripsi Lokasi Penelitian.....	64
3.2. Data dan Perlengkapan	66
3.2.1. Data	66
3.2.2. Perlengkapan	67
3.3. Metodologi Penelitian	68
3.4. Tahap Persiapan	70
3.4.1. Studi Literatur	70
3.4.2. Pengumpulan Data	70
3.5. Tahap Pengolahan Data.....	70
3.5.1. Deliniasi Batas Das	71
3.5.2. Pengambilan Citra Pada <i>Google Earth Engine</i>	72
3.5.3. Pengolahan Peta Tutupan Lahan	74
3.5.4. Pengolahan Kemiringan Lereng.....	78
3.5.5. Pengolalahan Data Curah Hujan	79

3.5.6. Pengolahan Peta Curah Hujan	80
3.5.7. Perhitungan Evapotranspirasi	81
3.5.8. Perhitungan Transformasi Hujan-Debit	84
3.5.9. Limpasan Permukaan	94
3.5.10. Hidrograf Satuan Sintesis	97
3.5.11. Pemodelan Debit Pada <i>HEC-HMS</i>	104
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	107
4.1. Perubahan Tutupan Lahan	107
4.1.1. Tutupan lahan Di DAS Way Semaka tahun 2015	107
4.2.2. Tutupan lahan Di DAS Way Semaka tahun 2020	113
4.2.3. Tutupan lahan Di DAS Way Semaka tahun 2024	119
4.3. Hasil Pengolahan Data Curah Hujan	127
4.3.1. Lokasi Stasiun Hujan	127
4.3.2. Uji Konsistensi Data Curah Hujan	127
4.3.3. Hujan Rerata Daerah (Poligon <i>Thiessen</i>)	130
4.4. Hasil Perhitungan Evapotranspirasi Potensial	136
4.5. Hasil Perhitungan Transformasi Hujan-Debit	143
4.5.1. Metode <i>F.J. Mock</i>	143
4.5.2. Metode <i>NRECA</i>	148
4.5.3. Hasil Debit	155
4.6. Limpasan Permukaan	159
4.6.1. Limpasan Permukaan Tahun 2015	159
4.6.2. Limpasan Permukaan Tahun 2020	160
4.6.3. Limpasan Permukaan Tahun 2024	161
4.7. Pemodelan Hidrologi Pada Software <i>HEC-HMS</i>	162
4.8. Perbandingan Debit Hasil Simulasi <i>HEC-HMS</i> Dengan Debit Rata-Rata Dari Metode <i>F.J. Mock</i> Dan Metode <i>NRECA</i>	166
4.9. Analisis Kesesuain Metode	167
4.10. Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Debit Puncak	168
V. SIMPULAN DAN SARAN	172
5.1 Simpulan	172
5.2 Saran	173

DAFTAR PUSTAKA	174
LAMPIRAN.....	179

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1. Penelitian Terdahulu	8
Tabel 2. Desa Di Kabupaten Tanggamus Pada DAS Way Semaka.....	16
Tabel 3. Desa Di Kabupaten Lampung Barat Pada DAS Way Semaka	17
Tabel 4. Desa Di Kabupaten Pesisir Barat Pada DAS Way Semaka	22
Tabel 5. Desa Di Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan Pada DAS Way Semaka	22
Tabel 6. Kelas Penutup Tutupan Lahan	38
Tabel 7. Parameter Perhitungan <i>F.J. Mock</i>	52
Tabel 8. Koefisien Reduksi Penguapan Peluh	53
Tabel 9. Klasifikasi Hidrologi Tanah Berdasarkan Tekstur Tanah.....	56
Tabel 10. Kelompok Hidrologi Tanah Berdasarkan <i>SCS Curve Number</i>	56
Tabel 11. Penyetaraan Kelompok Hidrologi Tanah.....	57
Tabel 12. Penyetaraan Kelompok Hidrologi Tanah.....	58
Tabel 13. Kode Penutup Tutupan Lahan.....	58
Tabel 14. Parameter HSS <i>Snyder</i>	60
Tabel 15. Data Penelitian	66
Tabel 16. Perlengkapan Penelitian.....	67
Tabel 17. Jumlah titik sampel berdasarkan skala peta	75
Tabel 18. Kelas penutup tutupan lahan	75
Tabel 19. Nilai N Setiap Bulan	83
Tabel 20. Parameter Metode <i>F.J. Mock</i>	85
Tabel 21. Parameter Perhitungan Metode <i>NRECA</i>	89
Tabel 22. Koefisien Reduksi Penguapan Peluh	92
Tabel 23. Parameter HSS <i>Snyder</i> pada DAS Way Semaka	97
Tabel 24. <i>Impervious</i> Tahun 2015	101
Tabel 25. <i>Impervious</i> Tahun 2020	102
Tabel 26. <i>Impervious</i> Tahun 2024	103
Tabel 27. Hasil sampel uji validasi tutupan lahan tahun 2015.....	108
Tabel 28. Matriks konfusi tutupan lahan tahun 2015.....	110
Tabel 29. Luas kelas tutupan lahan tahun 2015	112

Tabel 30. Hasil sampel uji validasi tutupan lahan tahun 2020.....	114
Tabel 31. Matriks konfusi tutupan lahan tahun 2020.....	116
Tabel 32. Luas kelas tutupan lahan tahun 2020	118
Tabel 33. Hasil sampel uji validasi tutupan lahan tahun 2024.....	120
Tabel 34. Matriks konfusi tutupan lahan tahun 2024.....	122
Tabel 35. Luas kelas tutupan lahan tahun 2024	124
Tabel 36. Lokasi Stasiun Hujan	127
Tabel 37. Curah Hujan Rerata Tahun	128
Tabel 38. Uji Konsistensi Stasiun Lampung Utara.....	128
Tabel 39. Uji Konsistensi Stasiun Padang Cermin	129
Tabel 40. Uji Konsistensi Stasiun Kota Agung	129
Tabel 41. Perhitungan Koefisien <i>Thiessen</i>	131
Tabel 42. Curah Hujan 10 Harian Stasiun Lampung Utara	132
Tabel 43. Curah Hujan 10 Harian Stasiun Padang Cermin.....	133
Tabel 44. Curah Hujan 10 Harian Stasiun Kota Agung.....	134
Tabel 45. Curah Hujan 10 Harian Metode Poligon <i>Thiessen</i>	135
Tabel 46. Hasil Perhitungan Evapotranspirasi Potensial Stasiun Lampung Utara	136
Tabel 47. Hasil Perhitungan Evapotranspirasi Potensial Stasiun Padang Cermin	137
Tabel 48. Hasil Perhitungan Evapotranspirasi Potensial Stasiun Kota Agung...	138
Tabel 49. Nilai Evapotranspirasi Potensial	139
Tabel 50. Nilai Evapotranspirasi Potensial 10 Hari Pertama.....	140
Tabel 51. Nilai Evapotranspirasi Potensial 10 Hari Kedua	141
Tabel 52. Nilai Evapotranspirasi Potensial 10 Hari Ketiga	142
Tabel 53. Hasil Perhitungan Debit 10 Harian Metode <i>F.J. Mock</i> Tahun 2015...	143
Tabel 54. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Debit 10 Harian Metode <i>F.J. Mock</i> ..	145
Tabel 55. Hasil Perhitungan Debit 10 Harian Pertama Metode <i>NRECA</i> Tahun 2015.....	148
Tabel 56. Hasil Perhitungan Debit 10 Harian Kedua Metode <i>NRECA</i> Tahun 2015	149
Tabel 57. Hasil Perhitungan Debit 10 Harian Ketiga Metode <i>NRECA</i> Tahun 2015	150
Tabel 58. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Debit 10 Harian Metode <i>NRECA</i>	152
Tabel 59. Rekapitulasi Debit Metode <i>F.J. Mock</i> dan Metode <i>NRECA</i>	155
Tabel 60. Debit Rata-Rata.....	156
Tabel 61. Hasil Simulasi Debit Menggunakan Software <i>HEC-HMS</i>	163
Tabel 62. Hasil Analisa Kesesuaian Metode	168
Tabel 63. Perubahan tutupan lahan	168
Tabel 64. Hasil debit	169
Tabel 65. Tabel <i>CN</i> dan <i>Impervious</i>	169
Tabel 66. CH Sta. Lampung Utara Tahun 2015	181

Tabel 67. CH Sta. Lampung Utara Tahun 2016	182
Tabel 68. CH Sta. Padang Cermin Tahun 2015	183
Tabel 69. CH Sta. Padang Cermin Tahun 2016	184
Tabel 70. CH Sta. Kota Agung Tahun 2015	185
Tabel 71. CH Sta. Kota Agung Tahun 2016	186
Tabel 72. CH Sta. Kota Agung Tahun 2017	187
Tabel 73. CH Sta. Kota Agung Tahun 2018	188
Tabel 74. Curah hujan metode poligon <i>Thiessen</i> Tahun 2015.....	190
Tabel 75. Curah hujan metode poligon <i>Thiessen</i> Tahun 2016.....	190
Tabel 76. Data Hari Hujan Setiap 10 Hari	192
Tabel 77. Data Temperatur Udara Sta. Lampung Utara	194
Tabel 78. Data Temperatur Udara Maksimal Sta. Lampung Utara	194
Tabel 79. Data Temperatur Udara Sta. Padang Cermin.....	196
Tabel 80. Data Temperatur Udara Maksimal Sta. Padang Cermin.....	196
Tabel 81. Data Temperatur Udara Sta. Kota Agung.....	198
Tabel 82. Data Temperatur Udara Maksimal Sta. Kota Agung.....	198
Tabel 83. Debit <i>F.J. Mock</i> Tahun 2015	200
Tabel 84. Debit <i>F.J. Mock</i> Tahun 2016	201
Tabel 85. Debit <i>NRECA</i> Tahun 2015 dan 2016 (10 Hari Pertama)	203
Tabel 86. Debit <i>NRECA</i> Tahun 2017 dan 2018 (10 Hari Pertama)	204
Tabel 87. Hasil Analisa Titik Untuk Uji Validasi Tahun 2015	206
Tabel 88. Hasil Analisa Titik Untuk Uji Validasi Tahun 2020	218
Tabel 89. Hasil Analisa Titik Untuk Uji Validasi Tahun 2024	230
Tabel 90. Penyetaraan Tutupan Lahan.....	242

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar	
Gambar 1. Peta Batas Desa Di DAS Way Semaka.....	24
Gambar 2. Peta Ketinggian Di DAS Way Semaka.....	25
Gambar 3. Peta Kemiringan Lereng Di DAS Way Semaka	26
Gambar 4. Peta Aliran Sungai Di DAS Way Semaka	27
Gambar 5. Peta Jenis Batuan Di DAS Way Semaka	28
Gambar 6. Peta Tekstur Tanah Di DAS Way Semaka	29
Gambar 7. Peta Tutupan Lahan Tahun 2015 Di DAS Way Semaka	31
Gambar 8. Peta Tutupan Lahan Tahun 2020 Di DAS Way Semaka	32
Gambar 9. Peta Tutupan Lahan Tahun 2024 Di DAS Way Semaka	32
Gambar 10. Peta Besarnya Curah Hujan Tahunan Di DAS Way Semaka	34
Gambar 11. Konsep DAS.....	40
Gambar 12. Bagian-Bagian Sungai.....	41
Gambar 13. Daur Hidrologi	42
Gambar 14. Hubungan Biofisik antara hulu dan hilir suatu DAS.....	43
Gambar 15. Sketsa Analisa Kurva Masa ganda Debit Tahunan	44
Gambar 16. Metode Poligon <i>Thiessen</i>	46
Gambar 17. Peta Daerah Penelitian DAS Way Semaka Provinsi Lampung.....	65
Gambar 18. Peta Aliran Sungai Di DAS Way Semaka	65
Gambar 19. Diagram Alir Penelitian	68
Gambar 20. Penentuan titik <i>outlet</i> (keluaran air pada hilir sungai) DAS Way Semaka (titik warna kuning), sungai induk (merah muda), sungai utama (warna biru tua), sungai intermiten (warna biru muda)	72
Gambar 21. Tampilan pengolahan <i>watershed</i>	72
Gambar 22. Proses koreksi tutupan awan	73
Gambar 23. Citra landsat-8 L2 dan Citra sentinel-2A, (a) Tahun 2015, (b) Tahun 2020, (c) Tahun 2024	74
Gambar 24. Proses pengambilan sampel	76
Gambar 25. Proses pengambilan sampel	77

Gambar 26. Tampilan pengolahan tutupan lahan pada <i>Software</i> Pengolah Data Spasial	77
Gambar 27. Tampilan pengolahan kemiringan lereng pada <i>Software</i> Pengolah Data Spasial.....	79
Gambar 28. Tampilan pengolahan sebaran curah hujan pada <i>Software</i> Pengolah Data Spasial.....	81
Gambar 29. Peta Geologi DAS Way Semaka	87
Gambar 30. Peta Kemiringan Lereng Di DAS Way Semaka	91
Gambar 31. Tampilan penyetaraan kelompok hidrologi tanah	95
Gambar 32. (a). Tekstur tanah, (b) Sebaran curah hujan, (c). Tutupan lahan (d). Hasil <i>Intersect</i>	95
Gambar 33. Tampilan perhitungan nilai (a) <i>CN</i> dan (b)	96
Gambar 34. Tampilan pengolahan sebaran nilai <i>CN</i> pada <i>Software</i> Pengolah Data Spasial	96
Gambar 35. Tampilan penginputan parameter (a) <i>Loss</i> (b) <i>Transform</i>	104
Gambar 36. Tampilan pemodelan (a) <i>Basin</i> model (b) <i>Meteorologic</i> Model.....	105
Gambar 37. Tampilan pemodelan (a) <i>Control Specifications</i> , (b) <i>Time series</i> data (<i>precipitation gages</i>), (c) <i>Running</i> model	105
Gambar 38. Tampilan hasil <i>running</i> model	106
Gambar 39. Peta tutupan lahan tahun 2015	107
Gambar 40. Peta tutupan lahan tahun 2020	113
Gambar 41. Peta tutupan lahan tahun 2024	120
Gambar 42. Diagram perubahan tutupan lahan tahun 2015, 2020, 2024.....	126
Gambar 43. Diagram Uji Konsistensi Data Curah Hujan.....	130
Gambar 44. Peta Persebaran Curah Hujan	131
Gambar 45. Grafik Debit Metode <i>F.J. Mock</i> dan Metode <i>NRECA</i> dan Rata-Ratanya.....	158
Gambar 46. Peta <i>Curve Number</i> tahun 2015	159
Gambar 47. Peta <i>Curve Number</i> tahun 2020	160
Gambar 48. Peta <i>Curve Number</i> Tahun 2024	161
Gambar 49. Grafik Hasil Debit	165

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang dan Masalah

DAS adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak sungainya, digunakan untuk menerima, menyimpan, dan mengalirkan air dari hujan ke danau atau ke laut secara alami, batas daratannya adalah jalan dan batas laut (Tallar, R. Y., 2023). DAS merupakan sistem hidrologi yang sangat dipengaruhi oleh kondisi fisik dan penggunaan lahannya. Ketidaksesuaian antara kemampuan lahan dan pemanfaatannya dapat mengakibatkan kerusakan lahan secara fisik, kimia, maupun biologis (Tallar, R. Y., 2023). Hal ini dapat menimbulkan erosi dan sedimentasi (Pane et al., 2020).

Peningkatan populasi penduduk mengakibatkan bertambahnya kebutuhan dan penggunaan lahan di suatu wilayah, khususnya di DAS Way Semaka. Dorongan populasi yang terus meningkat menyebabkan terjadinya perubahan dan pergeseran fungsi lahan, terutama alih fungsi kawasan hutan menjadi lahan pertanian dan permukiman, serta tegalan menjadi permukiman. Perubahan tutupan lahan dari hutan ke lahan pertanian dan permukiman mengakibatkan berkurangnya kemampuan tanah dalam menyerap air hujan.

Secara hidrologi, perubahan tutupan lahan tersebut menyebabkan penurunan intersepsi vegetasi dan kapasitas infiltrasi tanah, serta meningkatnya luas permukaan kedap air (*impervious area*). Pada kondisi hutan, tajuk vegetasi mampu menahan sebagian air hujan dan sistem perakaran meningkatkan porositas tanah sehingga infiltrasi tinggi. Namun, ketika hutan berubah menjadi lahan pertanian atau permukiman, struktur tanah cenderung lebih padat dan permukaan kedap air seperti jalan dan bangunan bertambah. Kondisi ini meningkatkan limpasan permukaan (*runoff*), menaikkan nilai *Curve Number (CN)*, serta mempercepat

waktu konsentrasi aliran. Akibatnya, respon hidrograf menjadi lebih tajam dan debit puncak sungai meningkat meskipun curah hujan relatif sama. Dengan demikian, perubahan tutupan lahan memiliki pengaruh langsung terhadap peningkatan debit puncak di DAS Way Semaka.

Peningkatan debit sungai di DAS Way Semaka dalam beberapa tahun terakhir menunjukkan adanya kecenderungan respon hidrologi yang semakin cepat dan ekstrem terhadap kejadian hujan. Berdasarkan laporan kejadian banjir dan luapan sungai di wilayah Kecamatan Semaka pada tanggal 30 September 2020 (Lampungpro, 2020). Serta banjir juga terjadi pada tanggal 28 juni 2023 di DAS Way Semaka (Jaya, D. T. P., 2023). Peningkatan debit menyebabkan genangan pada beberapa pekon serta kerusakan lahan pertanian dan infrastruktur permukiman. Kondisi ini mengindikasikan bahwa kapasitas sungai dalam menampung aliran permukaan semakin terbebani. Peningkatan debit tersebut diduga tidak hanya dipengaruhi oleh intensitas curah hujan, tetapi juga oleh perubahan karakteristik DAS akibat alih fungsi lahan. Berkurangnya tutupan hutan dan meningkatnya area pertanian serta permukiman menyebabkan limpasan permukaan bertambah dan waktu konsentrasi aliran menjadi lebih singkat, sehingga debit puncak sungai meningkat secara signifikan. Fenomena ini menunjukkan adanya hubungan antara perubahan tutupan lahan dengan peningkatan debit di DAS Way Semaka.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan kajian yang mampu menggambarkan perubahan tutupan lahan di kawasan DAS Way Semaka pada tahun 2015, 2020, dan 2024 serta keterkaitannya dengan peningkatan debit puncak sungai. Dalam penelitian ini, transformasi data curah hujan menjadi debit puncak dilakukan menggunakan metode *F.J. Mock* dan metode *NRECA*, mengingat data debit terukur di DAS Way Semaka belum tersedia secara memadai. Hasil perhitungan debit puncak dari kedua metode tersebut selanjutnya dirata-ratakan dan digunakan sebagai dasar validasi melalui pemodelan hidrologi menggunakan *HEC-HMS*. Pendekatan ini bertujuan untuk memperoleh gambaran debit puncak yang lebih representatif serta mengevaluasi konsistensi hasil perhitungan hidrologi terhadap kondisi DAS Way Semaka. Selain itu, kajian ini juga menganalisis sejauh mana

perubahan tutupan lahan di DAS Way Semaka berpengaruh terhadap besarnya debit puncak pada tahun 2015, 2020, dan 2024, sehingga hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah dalam perencanaan tata ruang dan pengelolaan sistem drainase DAS Way Semaka secara berkelanjutan.

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian terkait yang dilakukan oleh Putra dan Saputra pada tahun 2022 dengan judul “Pengaruh Perubahan Guna Lahan Terhadap Debit Limpasan Air Permukaan Di Kota Bogor”, penelitian tersebut menggunakan parameter Perubahan Penggunaan Lahan di tahun 2012-2015, dengan menggunakan metode Rasional. Penelitian yang dilakukan oleh Widyaningsih. K. W., dkk pada tahun 2021 dengan judul “Perbandingan Metode *F.J. Mock* dan *NRECA* untuk Transformasi Hujan Menjadi Debit pada DAS Metro Kabupaten Malang, Jawa Timur”. Hasil dari penelitian ini yaitu bahwa metode *NRECA* lebih sesuai digunakan untuk menghitung transformasi hujan–debit di DAS Metro dibandingkan metode *FJ. Mock*. Hal ini terlihat dari nilai Koefisien Determinasi ($R^2=0,792$) dan Koefisien Korelasi ($r = 0,887$) yang sedikit lebih tinggi dibanding metode *FJ. Mock*. Namun, kedua metode menunjukkan hasil yang kurang memuaskan jika dibandingkan dengan data debit pengamatan karena data AWLR tidak akurat (hanya diukur 1 kali per bulan). Oleh sebab itu, peneliti menyimpulkan bahwa *NRECA* adalah metode yang paling sesuai, tetapi diperlukan data debit harian agar perbandingan dan pemodelan dapat lebih akurat. Penelitian yang dilakukan oleh Rifqi, dkk pada tahun 2017 dengan judul “Analisis Spasial Debit Puncak Daerah Aliran Sungai Beringin Dengan Metode Rasional”. Penelitian yang dilakukan oleh Samaawa dan Hadi pada tahun 2017 dengan judul “Estimasi Debit Puncak Berdasarkan Beberapa Metode Penentuan Koefisien Limpasan Di Sub Das Kedung Gong, Kabupaten Kulonprogo, Yogyakarta”. Penelitian yang dilakukan oleh Farid. M, dkk pada tahun 2021 dengan judul “Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan terhadap Debit Banjir di Daerah Aliran Sungai Ciliwung Hulu” penelitian ini menggunakan pemodelan *HEC-HMS*, Secara singkat, hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa lahan dapat meningkatkan debit puncak sebesar 99,5 m³/dt dan volume limpasan sekitar 3 juta m³. Jika mengikuti arahan RTRW, peningkatan debit dan volume banjir dapat

ditekan menjadi sekitar 20,1 m³/dt dan 0,61 juta m³. Selain itu, setiap 13 km² lahan pertanian yang berubah menjadi permukiman menambah debit puncak sekitar 4,63 m³/dt dan volume limpasan sekitar 4,34 juta m³. Studi ini menegaskan perlunya perencanaan tata ruang untuk mengendalikan peningkatan banjir di masa depan.

Perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian ini terletak pada lokasi daerah penelitian, parameter yang digunakan, serta penerapan metode *F.J. Mock*, metode *NRECA*, dan pemodelan hidrologi menggunakan *HEC-HMS*, dengan fokus pada perubahan tutupan lahan tahun 2015, 2020, dan 2024. Penelitian ini dilakukan di DAS Way Semaka dengan memanfaatkan citra Sentinel-2A dan citra Landsat-8 Level 2 untuk menganalisis perubahan tutupan lahan pada tahun 2015, 2020, dan 2024 terhadap peningkatan debit puncak DAS Way Semaka. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan data peta jenis batuan, data peta tekstur tanah, serta nilai *Curve Number* dan *impervious* sebagai parameter pendukung dalam analisis karakteristik fisik DAS Way Semaka yang memengaruhi kemampuan infiltrasi, penyimpanan air, dan besarnya limpasan permukaan. Analisis transformasi data curah hujan menjadi debit puncak dilakukan menggunakan metode *F.J. Mock* dan metode *NRECA*, kemudian hasil debit dari kedua metode tersebut dirata-ratakan dan digunakan sebagai dasar validasi melalui pemodelan hidrologi *HEC-HMS*, mengingat data debit hasil observasi lapangan di DAS Way Semaka belum tersedia.

Penelitian ini perlu dilakukan karena DAS Way Semaka mengalami penurunan perubahan tutupan lahan yang signifikan, seperti penurunan luas hutan dan meningkatnya area permukiman atau pertanian, yang secara langsung memengaruhi proses hidrologi di dalam DAS. Perubahan ini dapat mengurangi kemampuan tanah dalam menyerap air, meningkatkan luas area kedap (*impervious*), menaikkan nilai *Curve Number (CN)*, serta memperbesar limpasan permukaan. Kondisi tersebut berpotensi meningkatkan debit puncak yang muncul saat hujan lebat.

Dengan memahami hubungan tersebut, perencanaan tata guna lahan, dan pengelolaan sumber daya air dapat dilakukan secara lebih tepat dan berkelanjutan. Hingga saat ini, kajian yang menggunakan analisis perubahan tutupan lahan dengan tiga model hidrologi secara simultan di DAS Way Semaka masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk memberikan gambaran aktual mengenai dampak perubahan tutupan lahan terhadap kenaikan debit puncak di DAS Way Semaka dengan *HEC-HMS*. Berdasarkan masalah tersebut peneliti bermaksud untuk melihat bagaimana pengaruh perubahan tutupan lahan Di DAS Way Semaka terhadap peningkatan debit puncak. Hasil penelitian berupa nilai perubahan tutupan lahan dan nilai debit DAS Way Semaka yang bisa menjadi bahan pemerintah untuk mengelola tata ruang dalam sistem drainase wilayah DAS Way Semaka.

1.2. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis perubahan tutupan lahan yang terjadi di DAS Way Semaka pada tahun 2015, 2020, dan 2024.
2. Menghitung transformasi dari data curah hujan-debit menggunakan metode *F.J. Mock* dan *NRECA* pada periode 2015–2024.
3. Membandingkan hasil rata-rata debit dari metode *F.J. Mock* dan metode *NRECA* dengan hasil simulasi debit menggunakan model *HEC-HMS*.
4. Mengetahui pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap peningkatan debit puncak di DAS Way Semaka.

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Batas wilayah penelitian adalah wilayah DAS Way Semaka yang terletak di Kabupaten Tanggamus, Kabupaten Lampung Barat.

2. Identifikasi tutupan lahan kawasan DAS Way Semaka dilakukan dengan menggunakan Citra Landsat-8 L2 pada tahun 2015, dan Citra Sentinel-2A pada tahun 2020, dan 2024, dengan menggunakan metode *Random Forest*.
3. Data yang digunakan dalam penelitian ini antara lain data curah hujan tahun 2015-2024 di 3 (tiga) stasiun, data dari Dinas PSDA Provinsi Lampung yaitu pada stasiun Padang Cermin, dan Stasiun kota Agung, data dari BMKG yaitu Stasiun Lampung Utara , tutupan lahan, batas DAS Way Semaka, data klimatologi, data tekstur tanah, data geologi, data DEMNAS.
4. Analisis pengaruh perubahan tutupan lahan kawasan DAS Way Semaka terhadap peningkatan debit puncak DAS Way Semaka dilakukan dengan menggunakan metode *F.J. Mock* dan metode *NRECA* serta pemodelan dengan *HEC-HMS*.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang dilakukan penulis adalah sebagai berikut :

1. Bagi penulis, Manfaat dalam penelitian ini adalah memberi wawasan akan pengaruh perubahan tutupan lahan kawasan DAS Way Semaka terhadap peningkatan debit puncak DAS Way Semaka penyebab terjadinya air limpasan permukaan.
2. Bagi pemerintah, manfaat yang diberikan ialah untuk menjadi dasar dalam perencanaan tata ruang wilayah agar pembangunan tidak memperparah limpasan air.
3. Bagi publik, manfaat yang diberikan dari penelitian ini adalah mengurangi risiko kerugian masyarakat akibat banjir, longsor, dan erosi tanah melalui pemahaman faktor penyebabnya, serta memberikan kesadaran masyarakat lokal akan pentingnya menjaga tutupan lahan alami untuk kestabilan aliran air dan keberlanjutan sumber daya air.

1.5. Hipotesis

Hipotesis yang dapat diberikan ialah perubahan tutupan lahan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Way Semaka berpengaruh signifikan terhadap peningkatan debit puncak. Semakin besar perubahan tutupan lahan dari hutan menjadi area terbangun atau lahan pertanian, maka semakin tinggi debit puncak yang dihasilkan oleh model hidrologi. Jawaban pasti dari dugaan tersebut akan didapatkan setelah melakukan pengolahan pada data parameter penentu perubahan tutupan lahan, dan perhitungan transformasi curah hujan-debit pada DAS Way Semaka.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Ringkasan daftar penelitian terdahulu yang menjadi referensi dalam penyusunan penelitian ini terlampir seperti pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

NO.	JUDUL DAN PENULIS	DATA DAN METODE	KETERANGAN
1.	Perbandingan Metode <i>F.J. Mock</i> dan <i>NRECA</i> untuk Transformasi Hujan Menjadi Debit pada DAS Metro Kabupaten Malang, Jawa Timur. Karuni Waasiu Widyaningsih, Donny Harisuseno, Widandi Soetopo tahun 2021.	Data klimatologi 14 tahun (2004-2017), data curah hujan 14 tahun (2004-2017), data debit AWLR 10 tahun (2008-2017), peta tata guna lahan DAS Metro, peta stasiun hujan dan AWLR, peta polygon <i>thiessen</i> DAS. Metode yang	Hasil penelitian ini yaitu berdasarkan dari perhitungan yang sudah dilakukan, ditarik kesimpulan bahwa nilai minimum debit <i>F.J Mock</i> berkisar = 2,915 m3/det dan maksimal = 25,084 m3/det. Untuk Metode <i>NRECA</i> , nilai debit berkisar minimum = 0,312 m3/det dan maksimal = 32,857 m3/det. Metode <i>NRECA</i> lebih sesuai digunakan untuk menghitung transformasi hujan-debit di DAS Metro dibandingkan metode <i>FJ. Mock</i> . Hal ini terlihat dari nilai Koefisien Determinasi ($R^2=0,792$) dan Koefisien Korelasi ($r =$

Tabel 1. Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

NO.	JUDUL DAN PENULIS	DATA DAN METODE	KETERANGAN
		digunakan metode NRECA, metode F.J. Mock.	0,887) yang sedikit lebih tinggi dibanding metode <i>FJ. Mock</i> . Namun, kedua metode menunjukkan hasil yang kurang memuaskan jika dibandingkan dengan data debit pengamatan karena data AWLR tidak akurat. Oleh sebab itu, peneliti menyimpulkan bahwa <i>NRECA</i> adalah metode yang paling sesuai, tetapi diperlukan data debit harian agar perbandingan dan pemodelan dapat lebih akurat.
2.	Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan terhadap Debit Banjir di Daerah Aliran Sungai Ciliwung Hulu. Mohammad Farid, Maryo Inri Pratama, Arno Adi Kuntoro, Mohammad Bagus Adityawan, Faizal Immaddudin Wira Rohmat, dan Idham	Data curah hujan tahun 1999-2019, data jenis tanah, peta tata guna lahan tahun 1999, 2009, dan 2019, data debit sungai. Metode yang digunakan adalah pemodelan	Berdasarkan hasil penelitian Penelitian ini memperkirakan pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap kenaikan debit puncak dan volume banjir di Sub DAS Depok dengan <i>HEC-HMS</i> . Proyeksi tutupan lahan tahun 2030 menunjukkan bahwa perubahan lahan dapat meningkatkan debit puncak sebesar 99,5 m ³ /dt dan volume limpasan sekitar 3 juta m ³ . Jika mengikuti arahan RTRW, peningkatan debit dan volume

Tabel 1. Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

NO.	JUDUL DAN PENULIS	DATA DAN METODE	KETERANGAN
	Riyando Moe, tahun 2021	dengan HEC- HMS.	banjir dapat ditekan menjadi sekitar 20,1 m ³ /dt dan 0,61 juta m ³ . Selain itu, setiap 13 km ² lahan pertanian yang berubah menjadi permukiman menambah debit puncak sekitar 4,63 m ³ /dt dan volume limpasan sekitar 4,34 juta m ³ . Studi ini menegaskan perlunya perencanaan tata ruang untuk mengendalikan peningkatan banjir di masa depan.
3.	Analisis Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Debit Limpasan Daerah Sungai Bondoyudo Kab. Lumajang dengan Metode Rasional. Fransedo Aminata, Akbar Kurniawan, tahun 2019	Data citra landsat 7 dan 8 Kabupaten Lumajang Tahun 2012, 2013, 2018, peta jenis tanah Kabupaten Lumajang dari BAPPEDA Kabupaten Lumajang, Peta jaringan sungai kabupaten Lumajang, data curah hujan Kabupaten	Wilayah yang berpotensi banjir berdasarkan perhitungan metode rasional pada tahun 2002 adalah Kecamatan Rowokangkung dan Kecamatan Kedungjajang. Sedangkan pada tahun 2013 wilayah yang berpotensi banjir bertambah satu dari tahun 2002 yaitu Kecamatan Jatiroto dan pada tahun 2018 wilayah yang berpotensi banjir yaitu Kecamatan Rowokangkung, Kecamatan Kedungjajang, dan Kecamatan Jatiroto. Pada tahun 2002 wilayah Kecamatan

Tabel 1. Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

NO.	JUDUL DAN PENULIS	DATA DAN METODE	KETERANGAN
		Lumajang tahun 2002-2018, data DEM Kabupaten Lumajang, data debit eksisting sungai Kabupaten Lumajang. Metode yang digunakan adalah metode rasional.	Rowokangkung dan Kecamatan Kedungjajang memiliki kelebihan debit limpasan dengan selisih masing-masing 3,65 m ³ /s dan 2,23 m ³ /s. Sementara pada tahun 2013 terjadi peningkatan selisih debit pada dua kecamatan tersebut menjadi 3,72 m ³ /s dan 2,42 m ³ /s. Kecamatan Jatiroto juga berpotensi banjir pada tahun 2013 dengan selisih debit 0,35 m ³ /s. Dan pada tahun 2018 selisih debit pada masing-masing Kecamatan Rowokangkung, Kecamatan Kedungjajang, dan Kecamatan Jatiroto adalah 3,74 m ³ /s ; 2,54 m ³ /s; dan 0,39 m ³ /s Besar pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap peningkatan debit limpasan untuk Kecamatan Rowokangkung adalah 93,5%. Kecamatan Kedungjajang sebesar 93,1% dan untuk Kecamatan Jatiroto memiliki memiliki pengaruh sebesar 92,4%.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

NO.	JUDUL DAN PENULIS	DATA DAN METODE	KETERANGAN
4.	Analisis Koefisien Limpasan Permukaan Kota Makassar Dengan Metode Cook. Sudirman Nganro, Slamet Trisutomo, Roland A. Barkey, Mukti Ali. Tahun 2018	Data citra landsat 7 Tahun 2017, data DEMNAS tahun, peta jenis tanah, peta simpanan permukaan. Metode yang digunakan adalah metode <i>cook</i> .	Metode <i>Cook</i> adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis koefisien limpasan permukaan (C), parameter yang diukur adalah topografi, jenis tanah, tutupan lahan dan simpanan permukaan, pembobotan dilakukan terhadap masing-masing karakteristik daerah aliran sungai yang menghasilkan aliran. Dalam penelitian ini, paramater tutupan lahan terdiri dari peta 2017 dan 2050. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tahun 2017, nilai koefisien limpasan permukaan (C) sebesar 0,4734 dan untuk tahun 2050 diperoleh nilai (C) sebesar 0,4785. Angka-angka tersebut menunjukkan bahwa pada saat terjadi hujan, air akan menjadi aliran permukaan sebesar 4734 persen pada tahun 2017 dan 47,85 persen untuk tahun 2050.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

NO.	JUDUL DAN PENULIS	DATA DAN METODE	KETERANGAN
5.	Pengaruh Perubahan Guna Lahan Terhadap Debit Limpasan Air Permukaan Di Kota Bogor. Yovi Rusdian Putra dan Isro Saputra, S.T., M.T., tahun 2022.	Peta penggunaan lahan Kota Bogor Tahun 2012 dan Tahun 2015, dan data curah hujan Tahun 2012-2015. Metode yang digunakan yaitu metode rasional.	Hasil dari penelitian ini yaitu, Debit limpasan air permukaan di Kota Bogor pada tahun 2012 sebesar 7,69668 m ³ /detik, setelah terjadinya perubahan guna lahan dan luas lahan terbangun semakin bertambah di tahun 2015 debit limpasan air permukaan di Kota Bogor bertambah menjadi 18,91824 m ³ /detik. Intensitas curah hujan yang meningkat dari di tahun 2012 sebesar 3,304 mm/jam dan di tahun 2015 meningkat menjadi 6,492 mm/jam. Guna lahan komersil memiliki debit limpasan dengan perubahan paling tinggi dalam tahun 2012 – 2015, pada tahu 2012 memiliki luas sebesar 274,000 Ha dan debit limpasan air permukaan sebesar 2,40821 m ³ /detik dan setelah adanya perubahan guna lahan di tahun 2015 debit limpasan air permukaan di Kota Bogor untuk luas guna lahan komersil menjadi 493,000 Ha dan debit limpasan aliran permukaan

Tabel 1. Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

NO.	JUDUL DAN PENULIS	DATA DAN METODE	KETERANGAN
			sebesar 8,5130 m ³ /detik.

Sumber : Hasil Analisis Penulis, 2025

Berdasarkan telaah penelitian terdahulu pada **Tabel 1**, metode yang digunakan dalam penelitian ini mengacu dan dikembangkan dari beberapa penelitian sebelumnya. Penggunaan metode *F.J. Mock* dan metode *NRECA* dalam penelitian ini merujuk pada penelitian Widyaningsih dkk. (2021) yang membandingkan kedua metode tersebut dalam transformasi hujan menjadi debit pada DAS Metro. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa metode *NRECA* memiliki tingkat kesesuaian yang lebih baik dibandingkan *F.J. Mock*, meskipun masih memiliki keterbatasan akibat kurangnya data debit harian. Oleh karena itu, dalam penelitian ini kedua metode tersebut tetap digunakan untuk memperoleh gambaran debit hasil transformasi hujan yang lebih menyeluruh, serta untuk melihat konsistensi hasil perhitungan pada DAS Way Semaka yang belum memiliki data debit observasi memadai.

Pemodelan hidrologi menggunakan *HEC-HMS* dalam penelitian ini mengacu pada penelitian Farid dkk. (2021) yang menganalisis pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap debit puncak di DAS Ciliwung Hulu. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa perubahan tutupan lahan secara signifikan meningkatkan debit puncak dan volume limpasan. Oleh karena itu, *HEC-HMS* dipilih dalam penelitian ini karena mampu mensimulasikan respon hidrologi DAS secara lebih detail, termasuk pengaruh parameter fisik seperti *Curve Number (CN)*, tekstur tanah, dan karakteristik sub-DAS terhadap debit puncak.

Sementara itu, pendekatan analisis perubahan tutupan lahan menggunakan citra satelit merujuk pada penelitian Aminata dan Kurniawan (2019) serta Nganro dkk. (2018) yang memanfaatkan data citra Landsat untuk menganalisis perubahan penggunaan lahan dan koefisien limpasan. Dalam penelitian ini, analisis diperluas dengan menggunakan citra Sentinel-2A dan Landsat-8 Level 2 untuk periode

waktu yang berbeda yaitu pada tahun 2015, 2020, dan 2024 agar diperoleh gambaran dinamika perubahan tutupan lahan yang lebih aktual dan detail.

Pemilihan metode *F.J. Mock* dan *NRECA* dilakukan karena keterbatasan data debit observasi di DAS Way Semaka, sehingga diperlukan metode empiris untuk mentransformasikan data curah hujan menjadi debit. Hasil dari kedua metode tersebut kemudian dirata-ratakan dan digunakan sebagai dasar validasi dalam pemodelan *HEC-HMS* guna meningkatkan representativitas hasil simulasi debit puncak. Dengan demikian, pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini bersifat integratif antara metode empiris dan pemodelan hidrologi berbasis parameter fisik DAS.

Meskipun berbagai penelitian terdahulu telah membahas pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap debit limpasan maupun debit puncak, terdapat beberapa celah penelitian (*research gap*). Pertama, belum terdapat penelitian yang mengintegrasikan metode *F.J. Mock*, *NRECA*, dan *HEC-HMS* secara simultan dalam satu kajian terpadu. Kedua, sebagian penelitian hanya menggunakan metode rasional yang umumnya diterapkan pada DAS skala kecil dan belum menggambarkan karakteristik hidrologi secara menyeluruh. Ketiga, belum terdapat penelitian lebih detail di DAS Way Semaka yang menganalisis perubahan tutupan lahan secara multitemporal serta mengaitkannya secara kuantitatif dengan peningkatan debit puncak menggunakan pendekatan multi-metode.

Oleh karena itu, kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada integrasi transformasi hujan-debit menggunakan metode *F.J. Mock* dan *NRECA* yang kemudian divalidasi melalui pemodelan *HEC-HMS*, serta penguatan analisis dengan parameter fisik DAS seperti jenis batuan, tekstur tanah, nilai *Curve Number (CN)*, dan *impervious area*. Pendekatan ini memberikan kontribusi ilmiah berupa model analisis yang lebih detail dalam menjelaskan hubungan antara perubahan tutupan lahan dan peningkatan debit puncak di DAS Way Semaka.

2.2. Kajian Wilayah Studi Di DAS Way Semaka

2.2.1. Letak dan Batas Wilayah

DAS Way Semaka terletak pada koordinat geografis sekitar -5,14087 Lintang Selatan dan 104,25591 Bujur Timur, yang merepresentasikan titik lokasi pusat (*centroid*) DAS Way Semaka. DAS ini memiliki luas wilayah 925,48 km². Secara spasial, batas DAS Way Semaka di sebelah utara dibatasi oleh wilayah pegunungan Bukit Barisan di Kabupaten Lampung Barat yang berfungsi sebagai pemisah alami dengan DAS lainnya. Di sebelah selatan, DAS Way Semaka berbatasan dengan wilayah pesisir Kabupaten Tanggamus dan bermuara di Teluk Semaka. Sebelah barat DAS Way Semaka dibatasi oleh punggung Bukit Barisan yang memisahkannya dengan DAS-DAS kecil yang mengalir langsung ke pantai barat Provinsi Lampung, sedangkan di sebelah timur dibatasi oleh punggung topografi yang memisahkan DAS Way Semaka dengan DAS lain di wilayah Lampung Barat dan Kabupaten Tanggamus bagian timur. Untuk Desa yang berada di DAS Way Semaka yaitu sebagai berikut :

Tabel 2. Desa Di Kabupaten Tanggamus Pada DAS Way Semaka

NO.	Desa	Kecamatan	Kabupaten	Provinsi
1.	Karang Agung	Semaka	Tanggamus	Lampung
2.	Atar Lebar	Bandar Negeri Semuong	Tanggamus	Lampung
3.	Gunung Doh	Bandar Negeri Semuong	Tanggamus	Lampung
4.	Petay Kayu	Ulu Belu	Tanggamus	Lampung
5.	Sidomulyo	Semaka	Tanggamus	Lampung
6.		Bandar Negeri Simpang Bayur	Tanggamus	Lampung
7.		Bandar Negeri Sinar Bangun	Tanggamus	Lampung

Tabel 2. Desa Di Kabupaten Tanggamus Pada DAS Way Semaka (Lanjutan)

NO.	Desa	Kecamatan	Kabupaten	Provinsi
8.	Tulung Asahan	Semaka	Tanggamus	Lampung

Sumber : Hasil Analisis Pada *Software* Pengolah Data Spasial berdasarkan data Badan Informasi Geospasial (BIG) Tahun 2019

Tabel 3. Desa Di Kabupaten Lampung Barat Pada DAS Way Semaka

NO.	Desa	Kecamatan	Kabupaten	Provinsi
1.	Gunungratu	Bandar Negeri Suoh	Lampung Barat	Lampung
2.	Hanakau	Sukau	Lampung Barat	Lampung
3.	Hujung	Belalau	Lampung Barat	Lampung
4.	Kegeringan	Batu Brak	Lampung Barat	Lampung
5.	Kejadian	Belalau	Lampung Barat	Lampung
6.	Kembahang	Batu Brak	Lampung	Lampung
7.	Kenali	Belalau	Lampung Barat	Lampung
8.	Kerang	Batu Brak	Lampung Barat	Lampung
9.	Kota Besi	Batu Brak	Lampung Barat	Lampung
10.	Kubu Liku Jaya	Batu Ketulis	Lampung Barat	Lampung
11.	Kubu Perahu	Balik Bukit	Lampung Barat	Lampung

Tabel 3. Desa Di Kabupaten Lampung Barat Pada DAS Way Semaka (Lanjutan)

NO.	Desa	Kecamatan	Kabupaten	Provinsi
12.	Luas	Batu Ketulis	Lampung Barat	Lampung
13.	Manggarai	Air Hitam	Lampung Barat	Lampung
14.	Atar Bawang	Batu Ketulis	Lampung Barat	Lampung
15.	Atar Kuwau	Batu Ketulis	Lampung Barat	Lampung
16.	Bahway	Balik Bukit	Lampung Barat	Lampung
17.	Bakhu	Batu Ketulis	Lampung Barat	Lampung
18.	Bandar Agung	Bandar Negeri Suoh	Lampung Barat	Lampung
19.	Banding Agung	Suoh	Lampung Barat	Lampung
20.	Batu Kebayan	Batu Ketulis	Lampung Barat	Lampung
21.	Bedudu	Belalau	Lampung Barat	Lampung
22.	Bumi Agung	Belalau	Lampung Barat	Lampung
23.	Bumi Hantatai	Bandar Negeri Suoh	Lampung Barat	Lampung
24.	Campang Tiga	Batu Ketulis	Lampung Barat	Lampung
25.	Canggu	Batu Brak	Lampung Barat	Lampung

Tabel 3. Desa Di Kabupaten Lampung Barat Pada DAS Way Semaka (Lanjutan)

NO.	Desa	Kecamatan	Kabupaten	Provinsi
26.	Fajar Agung	Belalau	Lampung Barat	Lampung
27.	Giham Sukamaju	Sekincau	Lampung Barat	Lampung
28.	Gunung Sugih	Balik Bukit	Lampung Barat	Lampung
29.	Gunung Sugih	Batu Brak	Lampung Barat	Lampung
30.	Negeri Jaya	Bandar Negeri Suoh	Lampung Barat	Lampung
31.	Negeri Ratu	Batu Brak	Lampung Barat	Lampung
32.	Padang Cahya	Balik Bukit	Lampung Barat	Lampung
33.	Padang Dalom	Balik Bukit	Lampung Barat	Lampung
34.	Padang Tambak	Way Tenong	Lampung Barat	Lampung
35.	Pasar Liwa	Balik Bukit	Lampung Barat	Lampung
36.	Pekon Balak	Batu Brak	Lampung Barat	Lampung
37.	Ringin Jaya	Bandar Negeri Suoh	Lampung Barat	Lampung
38.	Ringin Sari	Suoh	Lampung Barat	Lampung
39.	Sebarus	Balik Bukit	Lampung Barat	Lampung

Tabel 3. Desa Di Kabupaten Lampung Barat Pada DAS Way Semaka (Lanjutan)

NO.	Desa	Kecamatan	Kabupaten	Provinsi
40.	Sedampah Indah	Balik Bukit	Lampung Barat	Lampung
41.	Sekincau	Sekincau	Lampung Barat	Lampung
42.	Serungkuk	Belalau	Lampung Barat	Lampung
43.	Srimulyo	Bandar Negeri Suoh	Lampung Barat	Lampung
44.	Suka Damai	Air Hitam	Lampung Barat	Lampung
45.	Suka Makmur	Belalau	Lampung Barat	Lampung
46.	Suka Marga	Suoh	Lampung Barat	Lampung
47.	Sukabumi	Batu Brak	Lampung Barat	Lampung
48.	Sukaraja	Way Tenong	Lampung Barat	Lampung
49.	Sukaraja	Batu Brak	Lampung Barat	Lampung
50.	Sukarame	Balik Bukit	Lampung Barat	Lampung
51.	Sukarame	Belalau	Lampung Barat	Lampung
52.	Sumber Agung	Suoh	Lampung Barat	Lampung
53.	Sumber Rejo	Batu Ketulis	Lampung Barat	Lampung

Tabel 3. Desa Di Kabupaten Lampung Barat Pada DAS Way Semaka (Lanjutan)

NO.	Desa	Kecamatan	Kabupaten	Provinsi
54.	Suoh	Bandar Negeri Suoh	Lampung Barat	Lampung
55.	Tanjung Raya	Sukau	Lampung Barat	Lampung
56.	Tanjungsari	Bandar Negeri Suoh	Lampung Barat	Lampung
57.	Teba Liyokh	Batu Brak	Lampung Barat	Lampung
58.	Tembelang	Bandar Negeri Suoh	Lampung Barat	Lampung
59.	Tiga Jaya	Sekincau	Lampung Barat	Lampung
60.	Tri Mekar Jaya	Bandar Negeri Suoh	Lampung Barat	Lampung
61.	Tuguratu	Suoh	Lampung Barat	Lampung
62.	Turgak	Belalau	Lampung Barat	Lampung
63.	Waspada	Sekincau	Lampung Barat	Lampung
64.	Wates	Balik Bukit	Lampung Barat	Lampung
65.	Way Empulau Ulu	Balik Bukit	Lampung Barat	Lampung
66.	Way Mengaku	Balik Bukit	Lampung Barat	Lampung
67.	Way Ngison	Batu Ketulis	Lampung Barat	Lampung

Tabel 3. Desa Di Kabupaten Lampung Barat Pada DAS Way Semaka (Lanjutan)

NO.	Desa	Kecamatan	Kabupaten	Provinsi
68.	Roworejo	Suoh	Lampung Barat	Lampung
69.	Sidorejo	Suoh	Lampung Barat	Lampung

Sumber : Hasil Analisis Pada *Software* Pengolah Data Spasial berdasarkan data Badan Informasi Geospasial (BIG) Tahun 2019

Tabel 4. Desa Di Kabupaten Pesisir Barat Pada DAS Way Semaka

NO.	Desa	Kecamatan	Kabupaten	Provinsi
1.	Mulang Maya	Ngaras	Pesisir Barat	Lampung
2.	Negeri Ratu Ngaras	Ngaras	Pesisir Barat	Lampung
3.	Pagar Bukit	Bangkunat	Pesisir Barat	Lampung
4.	Rajabasa	Ngaras	Pesisir Barat	Lampung
5.	Suka Maju	Ngaras	Pesisir Barat	Lampung
6.	Tanjung Raya	Pesisir Selatan	Pesisir Barat	Lampung
7.	Tanjung Rejo	Bangkunat	Pesisir Barat	Lampung
8.	Ulok Mukti	Ngambur	Pesisir Barat	Lampung

Sumber : Hasil Analisis Pada *Software* Pengolah Data Spasial berdasarkan data Badan Informasi Geospasial (BIG) Tahun 2019

Tabel 5. Desa Di Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan Pada DAS Way Semaka

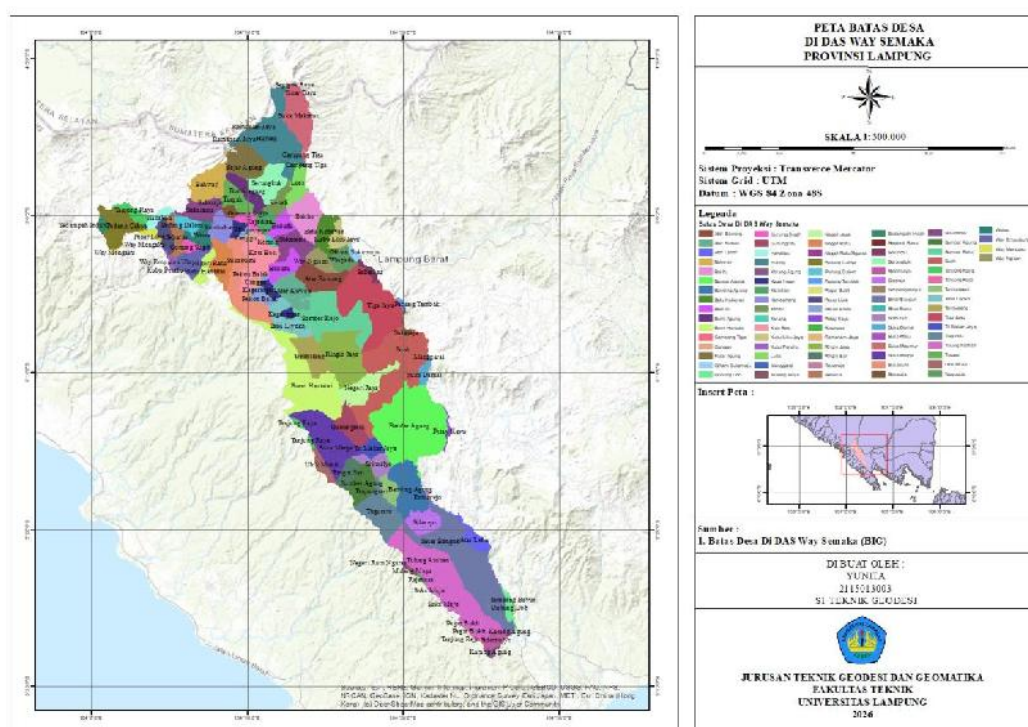
NO.	Desa	Kecamatan	Kabupaten	Provinsi
1.	Remanam Jaya	Warkuk Ranau Selatan	Ogan Komering Ulu	Sumatera Selatan

Tabel 5. Desa Di Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan Pada DAS Way Semaka (Lanjutan)

NO.	Desa	Kecamatan	Kabupaten	Provinsi
Selatan				
2.	Segigok Raya	Warkuk Ranau Selatan	Ogan Komering Ulu Selatan	Sumatera Selatan
3.	Sinar Baru	Buay Pemaca	Ogan Komering Ulu Selatan	Sumatera Selatan

Sumber : Hasil Analisis Pada *Software* Pengolah Data Spasial berdasarkan data Badan Informasi Geospasial (BIG) Tahun 2019

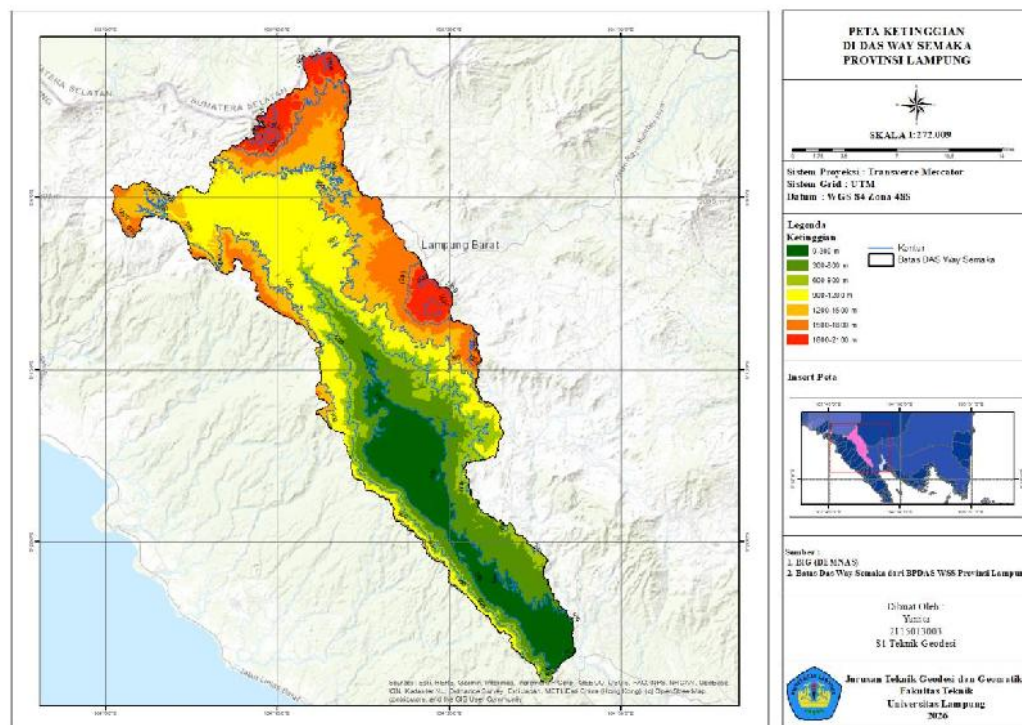
Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, jumlah penduduk Kabupaten Tanggamus meningkat dari 640,28 ribu jiwa pada tahun 2020 menjadi 678,02 ribu jiwa pada tahun 2025. Sementara itu, penduduk Kabupaten Lampung Barat juga bertambah dari 302,14 ribu jiwa pada tahun 2020 menjadi 319,30 ribu jiwa pada tahun 2025 (Badan Pusat Statistik Kabupaten Tanggamus, 2024). Peningkatan jumlah penduduk di kedua wilayah ini mendorong kebutuhan lahan untuk permukiman, pertanian, dan berbagai aktivitas ekonomi. Kondisi tersebut berkontribusi terhadap perubahan tutupan lahan, terutama berkurangnya kawasan hutan dan bertambahnya area budidaya serta permukiman. Perubahan ini pada akhirnya berdampak pada peningkatan limpasan permukaan dan respon hidrologi DAS, termasuk potensi kenaikan debit puncak.



Gambar 1. Peta Batas Desa Di DAS Way Semaka

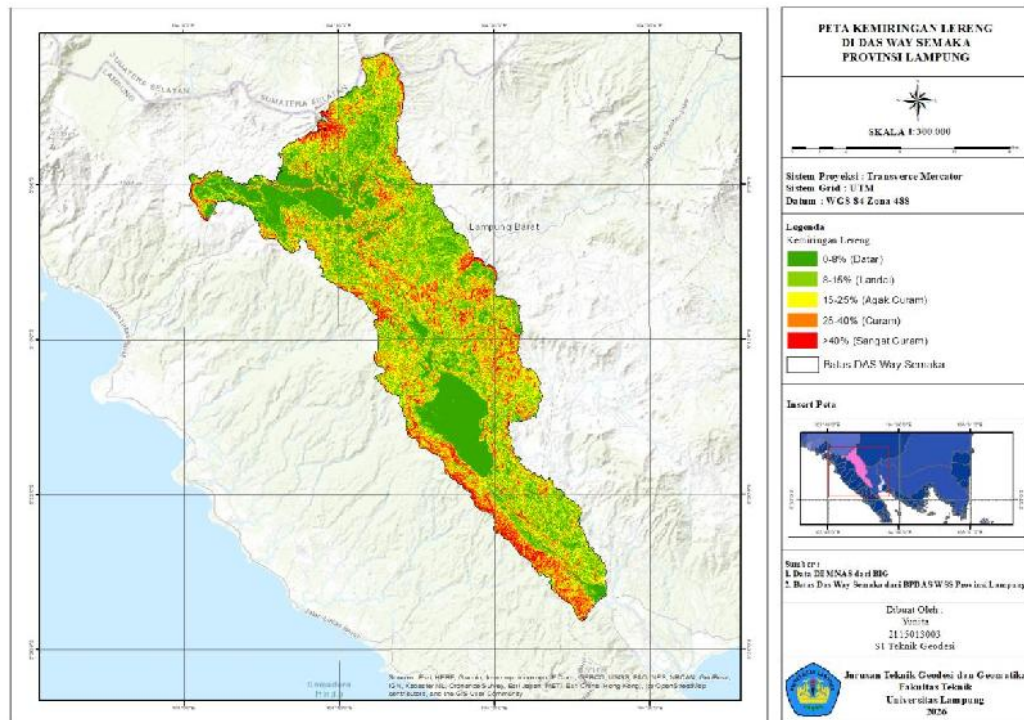
2.2.2. Kondisi Topografi dan Morfometri DAS Way Semaka

Secara topografi, Daerah Aliran Sungai (DAS) Way Semaka memiliki variasi ketinggian yang cukup kontras, mulai dari wilayah dataran rendah di bagian hilir hingga daerah perbukitan dan pegunungan di bagian hulu. Berdasarkan peta ketinggian, bagian hulu DAS Way Semaka yang berada di kawasan Pegunungan Bukit Barisan didominasi oleh elevasi tinggi dengan kelas perbukitan hingga pegunungan, sedangkan bagian tengah DAS didominasi oleh wilayah bergelombang hingga perbukitan. Adapun bagian hilir DAS Way Semaka yang bermuara di Teluk Semaka didominasi oleh dataran rendah dengan kemiringan relatif landai. Kondisi topografi tersebut menunjukkan adanya gradasi elevasi dari hulu ke hilir yang berpengaruh terhadap pola aliran sungai dan respon hidrologi DAS.



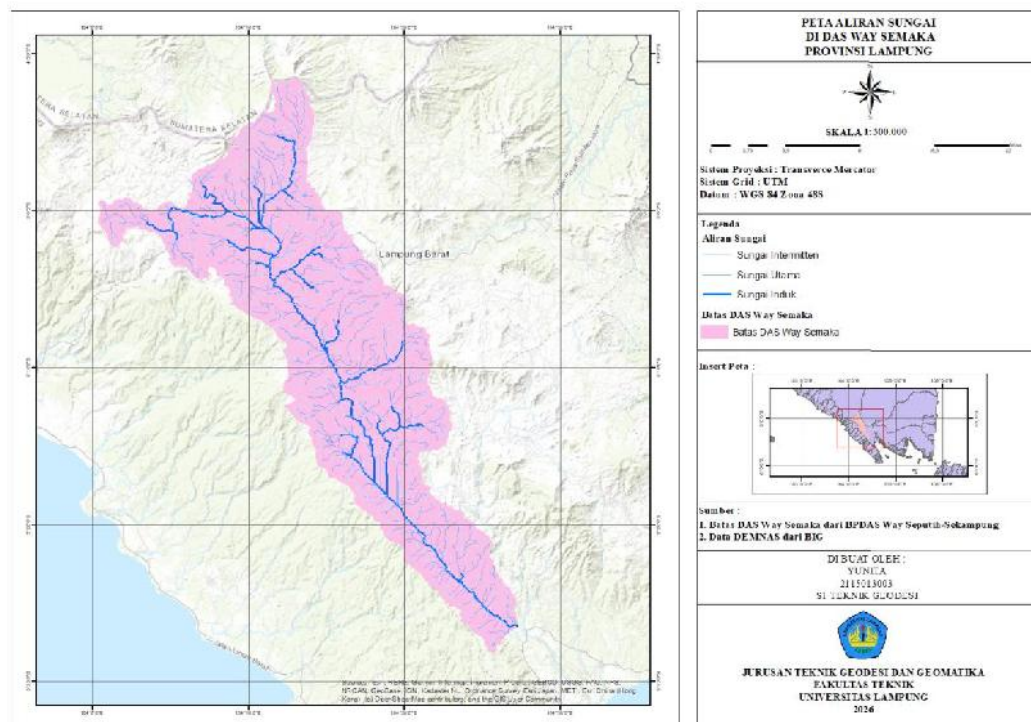
Gambar 2. Peta Ketinggian Di DAS Way Semaka

Berdasarkan peta kemiringan lereng DAS Way Semaka, wilayah DAS ini didominasi oleh kelas kemiringan landai hingga agak curam, yaitu lereng 0-8% dan 8-15%, yang tersebar luas terutama pada bagian tengah hingga hilir DAS, sehingga kawasan ini relatif sesuai untuk aktivitas pertanian dan permukiman. Sementara itu, lereng 15-25% hingga >25% umumnya terkonsentrasi pada bagian hulu dan sepanjang zona perbukitan, yang ditandai dengan topografi bergelombang hingga curam. Kondisi kelerengan yang cukup bervariasi ini berpengaruh terhadap proses hidrologi DAS, di mana wilayah dengan lereng curam memiliki potensi limpasan permukaan dan erosi yang lebih tinggi, sedangkan daerah berlereng landai cenderung berperan sebagai zona akumulasi aliran dan pemanfaatan lahan intensif.



Gambar 3. Peta Kemiringan Lereng Di DAS Way Semaka

Secara morfometri, DAS Way Semaka memiliki bentuk DAS memanjang dengan arah aliran utama dari utara ke selatan menuju Teluk Semaka. Pola aliran sungainya bersifat dendritik, yang menunjukkan kondisi geologi relatif homogen dan perkembangan jaringan sungai yang mengikuti kemiringan topografi. Sungai utama memiliki sejumlah anak sungai yang tersebar di bagian hulu dan tengah DAS, sehingga berkontribusi terhadap akumulasi debit aliran menuju bagian hilir. Karakter morfometri DAS yang memanjang, dikombinasikan dengan topografi curam di bagian hulu, berpotensi meningkatkan debit puncak di wilayah hilir ketika terjadi hujan dengan intensitas tinggi.



Gambar 4. Peta Aliran Sungai Di DAS Way Semaka

2.2.3. Kondisi Geologi

Secara geologi, Daerah Aliran Sungai (DAS) Way Semaka tersusun oleh variasi satuan batuan yang cukup beragam, yang didominasi oleh batuan vulkanik, sedimen gunung api, serta endapan aluvial. Berdasarkan peta geologi, bagian hulu DAS Way Semaka yang berada di kawasan Pegunungan Bukit Barisan didominasi oleh satuan batuan vulkanik seperti andesit, basalt, serta tuf dengan ukuran butir halus hingga kasar, yang mencerminkan aktivitas vulkanisme masa lalu. Satuan batuan ini umumnya memiliki permeabilitas sedang hingga rendah, sehingga berpengaruh terhadap besarnya limpasan permukaan dan respon aliran yang relatif cepat saat terjadi hujan dengan intensitas tinggi.

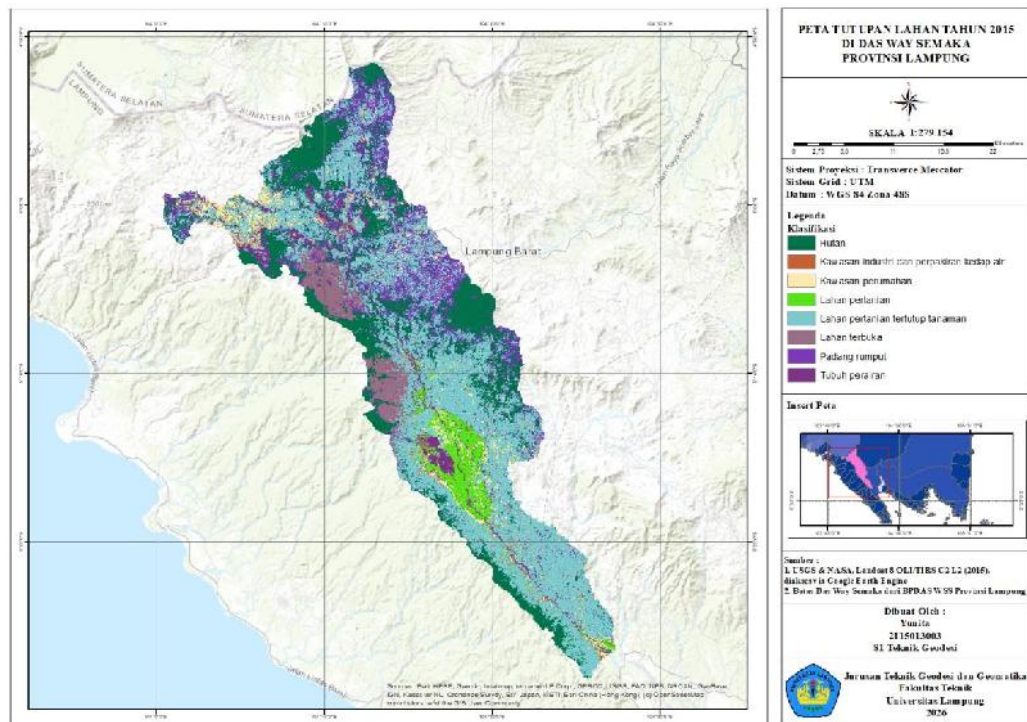
Pada bagian tengah DAS Way Semaka, dijumpai kombinasi satuan batuan berupa tuf, breksi vulkanik, serta batuan beku seperti granit dan granodiorit. Keberadaan batuan tersebut menunjukkan kondisi geologi yang kompleks dengan tingkat pelapukan yang bervariasi, sehingga memengaruhi kemampuan infiltrasi dan

berlangsung dalam durasi yang lama. Secara umum, jenis tanah di DAS Way Semaka berkaitan erat dengan endapan aluvial dan bahan induk vulkanik, sehingga tanah yang berkembang umumnya termasuk tanah aluvial dan tanah vulkanik muda yang memiliki struktur relatif gembur namun mudah mengalami pemadatan.

Variasi tekstur dan jenis tanah tersebut berpengaruh signifikan terhadap karakteristik hidrologi DAS Way Semaka, khususnya dalam mengontrol laju infiltrasi, kapasitas simpan air tanah, serta besarnya limpasan permukaan. Dominasi tekstur tanah halus menyebabkan respon aliran sungai relatif cepat dan berpotensi meningkatkan debit puncak, terutama pada wilayah dengan tutupan lahan terbangun atau lahan pertanian intensif. Oleh karena itu, kondisi tekstur dan jenis tanah ini perlu dipertimbangkan secara cermat dalam analisis hidrologi dan pemodelan hujan-debit yang dilakukan di DAS Way Semaka.

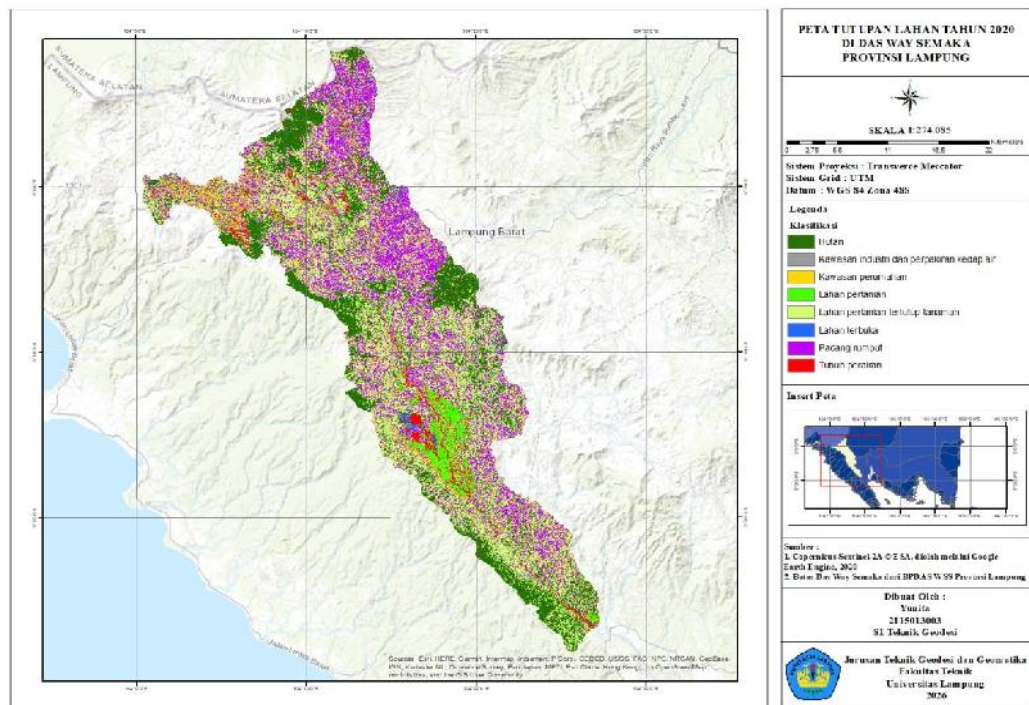
2.2.5. Tutupan Lahan Di DAS Way Semaka

Berdasarkan peta tutupan lahan DAS Way Semaka tahun 2015, 2020, dan 2024, penggunaan dan tutupan lahan di wilayah ini didominasi oleh hutan, lahan pertanian, lahan pertanian tertutup tanaman, padang rumput, serta kawasan permukiman dan industri. Pada tahun 2015, kondisi eksisting masih menunjukkan dominasi hutan terutama di bagian hulu dan beberapa wilayah lereng, yang berperan sebagai area resapan dengan nilai *impervious* rendah. Lahan pertanian dan lahan pertanian tertutup tanaman tersebar luas di bagian tengah hingga hilir DAS, mencerminkan aktivitas budidaya yang cukup intensif namun masih memiliki kemampuan infiltrasi sedang. Kawasan permukiman dan industri masih relatif terbatas dan terlokalisasi, sehingga kontribusi permukaan kedap air pada periode ini masih rendah hingga sedang.

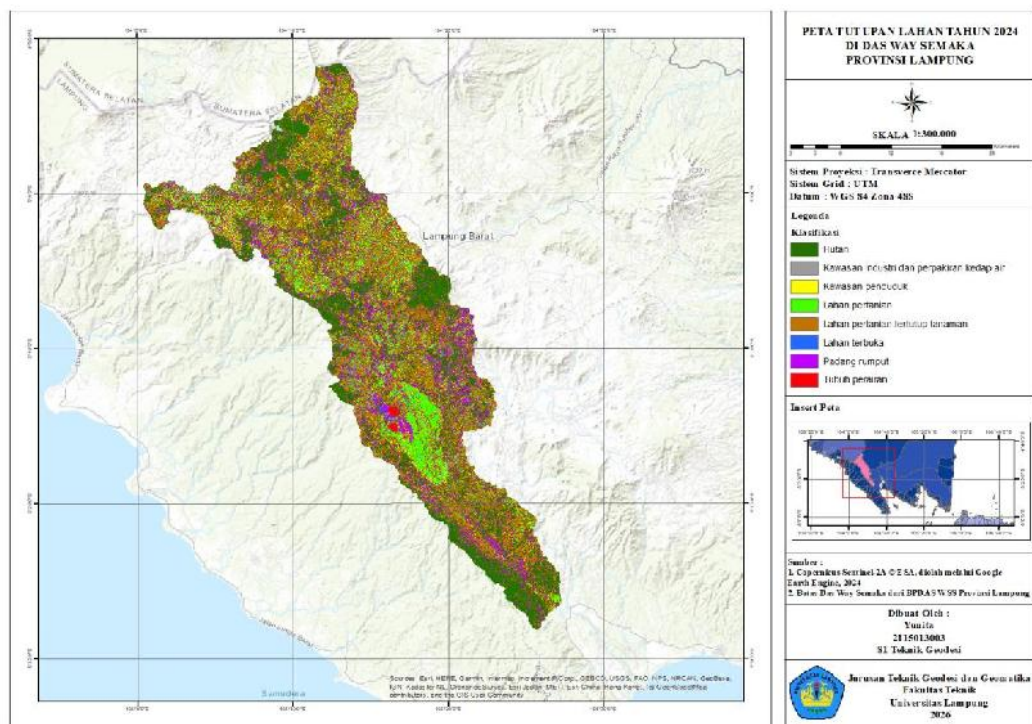


Gambar 7. Peta Tutupan Lahan Tahun 2015 Di DAS Way Semaka

Pada tahun 2020, terjadi perubahan tutupan lahan yang cukup signifikan, ditandai dengan berkurangnya luasan hutan dan meningkatnya lahan pertanian, padang rumput, serta kawasan permukiman. Perubahan ini menunjukkan adanya alih fungsi lahan dari vegetasi alami ke lahan terbangun dan budidaya, yang menyebabkan peningkatan nilai *impervious* secara bertahap, terutama di bagian tengah DAS. Lahan pertanian dan padang rumput memiliki nilai *impervious* sedang, sedangkan kawasan permukiman dan industri menunjukkan nilai *impervious* tinggi karena dominasi permukaan kedap air seperti bangunan dan jalan.



Gambar 8. Peta Tutupan Lahan Tahun 2020 Di DAS Way Semaka



Gambar 9. Peta Tutupan Lahan Tahun 2024 Di DAS Way Semaka

Memasuki tahun 2024, tekanan penggunaan lahan semakin meningkat, terlihat dari meluasnya kawasan permukiman dan lahan pertanian intensif serta semakin terfragmentasinya kawasan hutan. Kondisi ini menyebabkan peningkatan total area dengan nilai *impervious* sedang hingga tinggi, terutama di wilayah tengah dan hilir DAS. Secara keseluruhan, perubahan tutupan lahan dari hutan ke pertanian dan permukiman selama periode 2015-2024 menunjukkan tren peningkatan permukaan kedap air, yang berimplikasi pada menurunnya kapasitas infiltrasi dan meningkatnya limpasan permukaan di DAS Way Semaka.

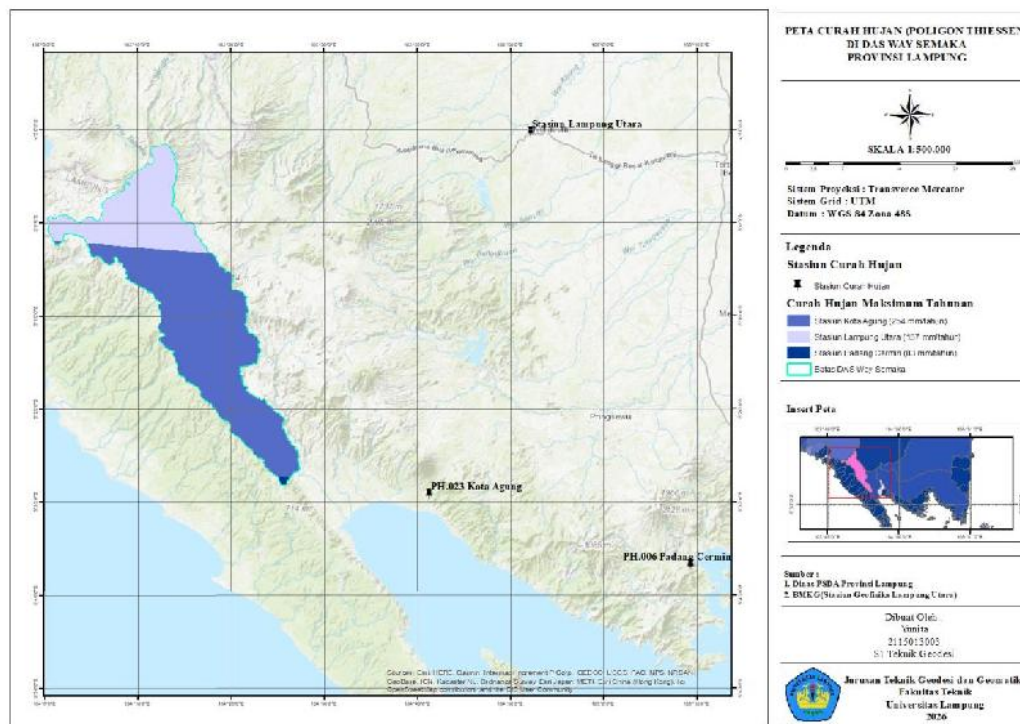
2.2.6. Kondisi Hidrologi

Kondisi hidrologi DAS Way Semaka ditandai oleh sistem aliran sungai yang berkembang secara alami dengan pola dendritik. Aliran sungai utama berasal dari wilayah hulu di Pegunungan Bukit Barisan dan mengalir ke arah selatan hingga bermuara di Teluk Semaka. Perbedaan kemiringan lereng antara bagian hulu, tengah, dan hilir menyebabkan variasi karakteristik aliran, di mana aliran di bagian hulu cenderung lebih cepat dibandingkan dengan bagian tengah dan hilir yang relatif lebih landai.

Secara klimatologis, DAS Way Semaka termasuk wilayah dengan curah hujan yang relatif tinggi dan dipengaruhi oleh pola musiman, sehingga curah hujan menjadi faktor utama yang mengontrol dinamika aliran sungai. Namun demikian, ketersediaan data hidrologi di wilayah ini masih terbatas, khususnya data debit sungai hasil pengamatan langsung yang belum tersedia secara kontinu.

Keterbatasan data debit observasi tersebut mendorong penggunaan pendekatan pemodelan hidrologi dalam penelitian ini. Transformasi data curah hujan menjadi debit dilakukan menggunakan metode *F.J. Mock* dan metode *NRECA*, yang sesuai diterapkan pada DAS dengan keterbatasan data. Selanjutnya, hasil debit dari kedua metode dirata-ratakan sebagai bentuk validasi awal dan digunakan sebagai input dalam pemodelan hidrologi menggunakan *HEC-HMS* untuk menggambarkan respon aliran dan debit puncak di DAS Way Semaka.

2.2.7. Kondisi Iklim dan Curah Hujan Di DAS Way Semaka



Gambar 10. Peta Besarnya Curah Hujan Tahunan Di DAS Way Semaka

DAS Way Semaka berada pada wilayah beriklim tropis dengan pola curah hujan yang dipengaruhi oleh sistem monsun, sehingga memiliki perbedaan yang jelas antara musim hujan dan musim kemarau. Curah hujan tahunan di wilayah ini tergolong tinggi, dengan intensitas hujan yang meningkat secara signifikan pada musim hujan, umumnya berlangsung antara bulan November hingga Maret. Pada periode tersebut, hujan sering terjadi dengan durasi yang panjang dan intensitas yang tinggi, terutama di wilayah hulu DAS yang secara topografis didominasi oleh daerah pegunungan Bukit Barisan. Kondisi ini menyebabkan akumulasi aliran permukaan yang besar dan meningkatkan debit aliran sungai menuju bagian tengah dan hilir DAS. Selain itu, kejadian hujan ekstrem dengan intensitas tinggi dalam waktu singkat kerap terjadi dan menjadi faktor utama pemicu banjir di DAS Way Semaka. Kombinasi antara curah hujan tinggi, intensitas hujan ekstrem, serta perubahan tutupan lahan yang mengurangi kapasitas infiltrasi tanah menjadikan wilayah DAS Way Semaka rentan terhadap kejadian banjir,

sebagaimana tercermin dari beberapa peristiwa banjir yang terjadi dalam beberapa tahun terakhir. Oleh karena itu, karakteristik iklim dan pola curah hujan merupakan faktor kunci yang perlu diperhatikan dalam analisis hidrologi dan pemodelan debit puncak di DAS Way Semaka.

2.2.8. Kondisi Sosial dan Aktivitas Manusia

Berdasarkan peta tutupan lahan DAS Way Semaka tahun 2015, 2020, dan 2024, kondisi sosial dan aktivitas manusia di wilayah ini didominasi oleh kegiatan pertanian dan perkembangan permukiman, yang semakin intensif dari waktu ke waktu. Pada tahun 2015, aktivitas manusia masih relatif terkonsentrasi di bagian tengah hingga hilir DAS, ditandai oleh keberadaan lahan pertanian, lahan pertanian tertutup tanaman, serta lahan terbuka yang bercampur dengan hutan. Memasuki tahun 2020, terlihat peningkatan signifikan area kawasan permukiman, lahan pertanian, dan padang rumput, yang mengindikasikan adanya tekanan penggunaan lahan akibat pertumbuhan penduduk dan kebutuhan ekonomi, khususnya pembukaan lahan untuk pertanian dan aktivitas pendukungnya. Pada tahun 2024, tekanan tersebut semakin kuat, ditunjukkan oleh meluasnya tutupan lahan *non*-hutan dan semakin terfragmentasinya kawasan hutan, terutama di bagian tengah DAS. Kondisi ini mencerminkan intensifikasi aktivitas manusia seperti ekspansi pertanian, pemukiman, serta kemungkinan aktivitas industri skala kecil, yang secara langsung berkontribusi terhadap perubahan tutupan lahan dan berpotensi memengaruhi respon hidrologi DAS, seperti peningkatan limpasan permukaan dan penurunan kapasitas infiltrasi tanah.

2.3. Sistem Informasi Geografis

2.3.1. Definisi SIG

SIG adalah sebuah rangkaian sistem yang memanfaatkan teknologi digital untuk melakukan analisis spasial. Di dalam SIG data tersimpan dalam format digital,

jumlah data yang besar dapat tersimpan dan diambil kembali secara cepat dan efisien. Keunggulan SIG lainnya adalah kemampuan memanipulasi data dan analisis data spasial dengan mengaitkan data atau informasi atribut untuk menyatukan tipe data yang berbeda kedalam suatu analisis tunggal (Azis et al., 2024).

2.3.2. Pemodelan Daerah Aliran Sungai menggunakan SIG

Pemodelan menggunakan *Software* Pengolahan Data Spasial untuk menentukan batas DAS, arah aliran, dan karakteristik fisik DAS dengan memanfaatkan data *Digital Elevation Model (DEM)*. Tujuan utama dalam pemodelan DAS ini adalah untuk mengetahui bentuk, luas, dan karakteristik fisik DAS, serta menjadi dasar dalam pemodelan debit sungai.

2.4. Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh adalah teknik atau ilmu untuk memperoleh informasi tentang objek, area, atau fenomena di permukaan bumi atau dekat permukaan bumi tanpa melakukan kontak fisik langsung dengan objek tersebut (Media Indonesia, 2023). Penginderaan jauh juga sangat penting dan memiliki banyak manfaat, salah satunya adalah untuk pemantauan penggunaan lahan dan perubahan tutupan lahan.

2.4.1. Citra Sentinel-2A

Citra sentinel-2A merupakan salah satu data citra satelit yang dibuat oleh *European Space Agency (ESA)* dengan maksud untuk melakukan monitoring perubahan kondisi permukaan bumi. Pemantauan data oleh citra sentinel dilakukan dengan jangka waktu 10 hari untuk satu satelit (Sentinel-2A) dan 5 hari untuk dua satelit (Sentinel-2A dan Sentinel-2B). Adapun rincian data sentinel-2A terdiri dari 13 spektral band (sensor) dengan 4 (empat) sensor resolusi 10 meter, 6

(enam) sensor resolusi 20 meter dan 3 (tiga) sensor resolusi 60 meter (Saputra et al., 2011).

2.4.2. Citra Landsat-8 (*Surface Reflectan*) Level 2

Citra Landsat 8 Level-2 adalah produk hasil pemrosesan lanjutan (*advanced processing*) dari data mentah Landsat 8 (Level-1), yang telah dikalibrasi radiometrik, dikoreksi atmosfer, dan disesuaikan ke kondisi permukaan bumi. Dengan kata lain, Level-2 = data reflektansi permukaan (*Surface Reflectance*) yang sudah siap digunakan untuk analisis ilmiah tanpa perlu koreksi atmosfer tambahan (I'izzuddiin et al., 2025)

2.4.3. Klasifikasi Digital

Klasifikasi digital dalam penginderaan jauh adalah proses mengelompokkan piksel (atau objek) citra satelit atau udara ke dalam kelas-tema (*land cover/land use*) berdasarkan nilai spektral, tekstur, bentuk, dan atribut lainnya (Dutton Institute, 2023; Esri, 2023). Dengan kata lain: dari citra multispektral atau hiperspektral, kita mencoba “mengubah” data mentah (*digital numbers*) menjadi peta tematik yang misalnya menyatakan area hutan, air, pemukiman, pertanian, dan lain-lain (Esri, 2023). Dalam penelitian ini, penulis menggunakan klasifikasi terbimbing (*Supervised Classification*). Klasifikasi terbimbing adalah metode klasifikasi citra dalam penginderaan jauh di mana pengguna (analisis) terlebih dahulu menentukan area contoh (*training area*) yang mewakili tiap kelas penutup/penggunaan lahan, seperti hutan, sawah, air, permukiman, dan sebagainya. Klasifikasi terbimbing dibagi menjadi 2 tipe, yaitu nonparametrik dan parametrik. Contoh dari tipe nonparametrik adalah *Random Forest/Random Trees*, *Support Vector Machine (SVM)*, *Neural Network*, dan *Nearest Neighbour*, sedangkan contoh dari tipe parametrik adalah *Decision Tree*, *Minimum Distance*, *Maximum Likelihood*, dan *Mahalanobis Distance*.

Tabel 6. Kelas Penutup Tutupan Lahan

NO.	Kelas Tutupan Lahan	Kode
1.	Hutan	1
2.	Padang Rumput	2
3.	Kawasan Industri dan Perpakiran Kedap Air	3
4.	Kawasan Perumahan	4
5.	Lahan Terbuka	5
6.	Lahan Pertanian Tertutup Tanaman	6
7.	Lahan Pertanian	7
8.	Tubuh Perairan	8

Sumber : (Direktorat Perencanaan dan Evaluasi Pengendalian DAS., 2021)

2.4.4. Alogaritma *Random Fores/Random Trees*

Random Forest (RF) merupakan algoritma *machine learning* berbasis *ensemble classifier* yang digunakan untuk melakukan klasifikasi maupun regresi. Algoritma ini dikembangkan oleh Leo Breiman (2001) dengan konsep dasar bahwa hasil prediksi akan lebih akurat jika diperoleh dari kombinasi banyak pohon keputusan (*decision tree*) yang dibentuk secara acak (*random*). Pada prosesnya, *Random Forest* membangun sejumlah besar pohon keputusan menggunakan data latih (*training data*) yang di-sampling secara acak dengan teknik bootstrap sampling. Setiap pohon dibuat dari subset data dan subset variabel (*fitur*) yang berbeda. Kemudian, setiap pohon menghasilkan hasil klasifikasi tersendiri. Hasil akhir diperoleh berdasarkan mayoritas suara (*voting*) dari seluruh pohon (Breiman, L. E O., 2001).

2.4.5. Uji Akurasi

Uji akurasi dilakukan terlebih dahulu dengan melakukan pengecekan keadaan sebenarnya dari *Google Earth*. Pada uji akurasi ini menggunakan *Confusion Matrix* dengan minimal keakuratan keseluruhan sebesar >85% (Muhsoni, F.F., 2015). *Confusion Matrix* menggunakan tabel untuk menggambarkan kinerja klasifikasi pada training sampel dan traking sampel untuk menemukan kesalahan antar class sehingga menghasilkan jumlah nilai kesalahan dari masing-masing jenis klasifikasi. Berikut rumus untuk uji akurasi (Muhsoni, F.F., 2015) :

$$Producer's\ accuracy = \frac{X_{ii}}{X_{+i}} \dots\dots\dots (18)$$

$$User's\ Accuracy = \frac{X_{ii}}{X_{i+}} \dots\dots\dots (19)$$

$$Omission\ Error = 100\% - Producer's\ Accuracy \dots\dots\dots (20)$$

$$Commission\ Error = 100\% - User's\ Accuracy \dots\dots\dots (21)$$

$$Overall\ Accuracy = \frac{\sum_{i=1}^n X_{ii}}{n} \times 100\% \dots\dots\dots (22)$$

$$Overall\ Error = 100\% - Overall\ Accuracy \dots\dots\dots (23)$$

$$Kappa\ Accuracy = \frac{n \sum_{i=1}^i X_{ii} - \sum_{i=1}^i X_{i+} X_{+i}}{n^2 - \sum_{i=1}^i (X_{i+} X_{+i})} \dots\dots\dots (24)$$

Keterangan :

n = Jumlah seluruh piksel dalam *confusion matrix*

X_{ii} = Piksel pada diagonal utama (Klasifikasi yang benar) *confusion matrix*

X_{i+1} = Jumlah piksel seluruh kolom pada suatu baris

X_{+1} = Jumlah piksel seluruh baris pada suatu kolom

2.5. Daerah Aliran Sungai

2.5.1. Pengertian DAS (Daerah Aliran Sungai)

Definisi dasar DAS yaitu wilayah yang memiliki luas jatuhnya hujan dan yang akan mengalir menuju saluran alamiah atau sungai utama. Batas pemisah dari satu DAS dengan DAS-DAS lain disekitarnya berupa ketinggian topografi seperti punggung perbukitan maupun pegunungan. Besarnya area DAS adalah salah satu komponen penting dan dibutuhkan dalam menganalisis proses hidrologi. Besarnya

area DAS dapat dicari dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *Arc-gis* sehingga dapat di ketahui luas DAS nya (Tallar, R. Y., 2003). Bagian-bagian dari sungai bisa dikategorikan menjadi tiga, yaitu bagian hulu, bagian tengah, bagian hilir.



Gambar 11. Konsep DAS
Sumber : (Sideng et al., 2022)

2.5.1.1. Bagian Hulu

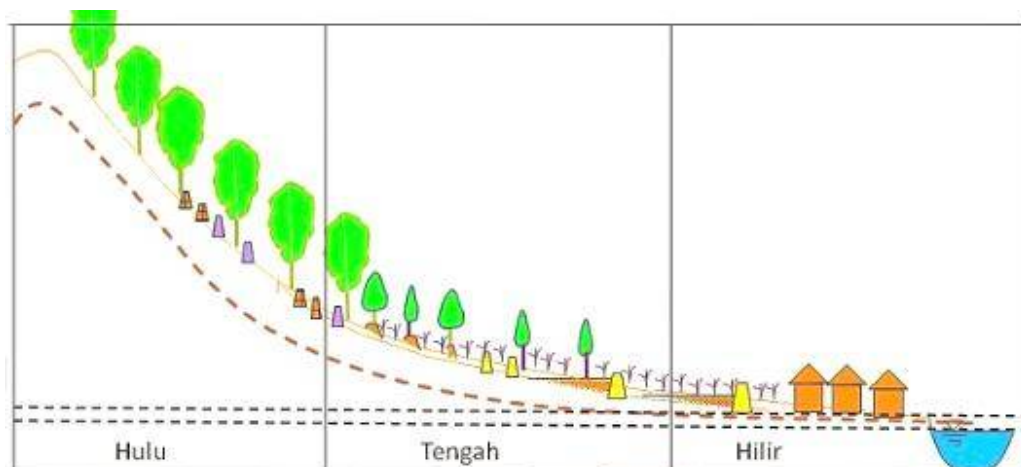
Bagian hulu memiliki ciri-ciri arusnya deras, daya erosinya besar, arah erosinya (terutama bagian dasar sungai) vertikal. Palung sungai berbentuk “V” dan lerengnya cembung (*convex*), kadang-kadang terdapat air terjun atau jeram dan tidak terjadi pengendapan (Sideng et al., 2022).

2.5.1.2. Bagian Tengah

Bagian tengah mempunyai ciri-ciri arusnya tidak begitu deras, daya erosinya mulai berkurang, arah erosi ke bagian dasar dan samping (vertikal dan horizontal), palung sungai berbentuk “U” (konkaf), mulai terjadi pengendapan (sedimentasi) dan sering terjadi *meander* (Sideng et al., 2022).

2.5.1.3. Bagian Hilir

Bagian hilir memiliki ciri-ciri arusnya tenang, daya erosi kecil dengan arah ke samping (horizontal), banyak terjadi pengendapan, di bagian muara kadang-kadang terjadi delta serta palungnya lebar (Sideng et al., 2022).



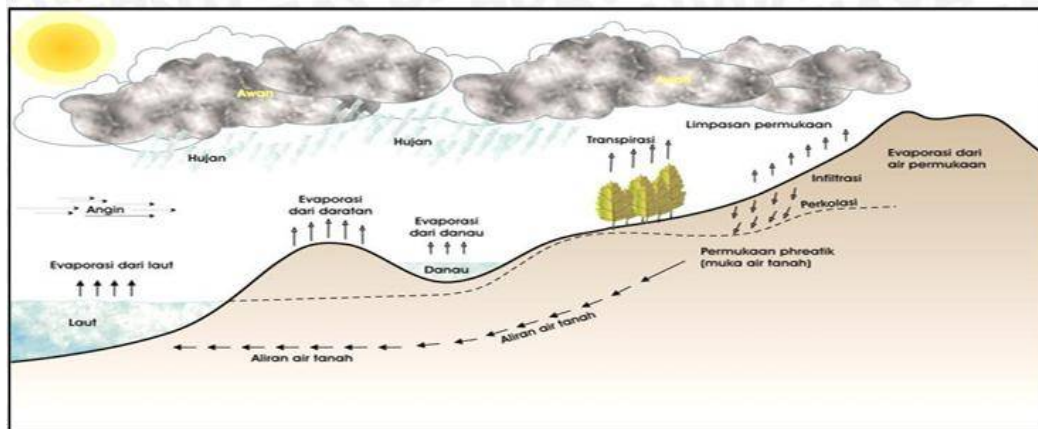
Gambar 12. Bagian-Bagian Sungai
Sumber : (Sideng et al., 2022)

2.5.2. Hidrologi dan Ekosistem DAS

2.5.2.1. Siklus Hidrologi

Daur atau siklus hidrologi adalah gerakan air laut ke udara, kemudian jatuh ke permukaan bumi dan akhirnya ke laut kembali. Susunan secara siklus peristiwa tersebut sebenarnya tidaklah sederhana yang kita gambarkan. Yang pertama daur tersebut dapat merupakan daur pendek, yaitu misalnya hujan yang jatuh di laut, danau sungai yang segera dapat mengalir kembali ke laut. Yang kedua tidak adanya keseragaman waktu yang diperlukan oleh suatu daur. Pada musim kemarau kelihatannya daur berhenti sedangkan dimusim hujan berjalan kembali. Ketiga, intensitas dan frekuensi daur tergantung pada keadaan geografi dan iklim, yang mana hal ini merupakan akibat adanya matahari yang berubah-ubah letaknya terhadap meridian bumi sepanjang tahun (sebenarnya yang berubah-ubah letaknya adalah planet bumi terhadap matahari). Keempat, berbagai bagian daur dapat

menjadi sangat kompleks sehingga kita hanya dapat mengamati bagian akhirnya saja dari suatu hujan yang jatuh di atas permukaan tanah dan kemudian mencari jalannya untuk kembali ke laut (Soemarto, 1999).

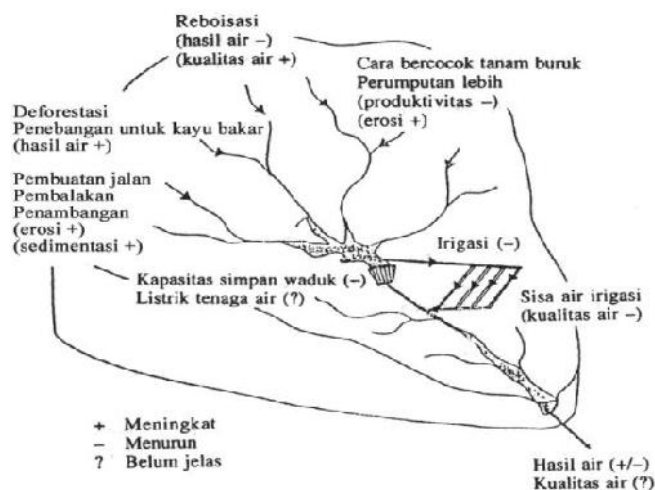


Gambar 13. Daur Hidrologi
Sumber : Soemarto (1999)

2.5.2.2. Ekosistem DAS

Ekosistem adalah suatu sistem ekologi yang terdiri atas komponen-komponen yang saling berintegrasi sehingga membentuk suatu kesatuan. Sistem tersebut mempunyai sifat tertentu, tergantung pada jumlah dan jenis komponen yang ukuran ekosistem tergantung pada pandangan dan batas yang diberikan pada ekosistem tersebut. Daerah aliran sungai dapatlah dianggap sebagai suatu ekosistem. Ekosistem terdiri atas komponen biotis dan abiotis yang saling berintraksi membentuk satu kesatuan yang teratur. Dengan demikian, dalam suatu ekosistem tidak ada satu komponenpun yang berdiri-sendiri, melainkan mempunyai keterkaitan dengan komponen lain, langsung atau tidak langsung, besar atau kecil. Aktivitas suatu komponen ekosistem selalu memberi pengaruh pada komponen ekosistem yang lain. Manusia adalah salah satu komponen yang penting. Sebagai komponen yang dinamis, manusia dalam menjalankan aktivitasnya sering kali mengakibatkan dampak pada salah satu komponen lingkungan, sehingga mempengaruhi ekosistem secara keseluruhan. Selama hubungan timbal-balik antar komponen ekosistem dalam keadaan seimbang,

selama itu pula ekosistem berada dalam kondisi stabil. Sebaliknya, bila hubungan timbal-balik antar komponen-komponen lingkungan mengalami gangguan, maka terjadilah gangguan ekologis (Asdak, 2002).



Gambar 14. Hubungan Biofisik antara hulu dan hilir suatu DAS
Sumber : (Asdak, 2002)

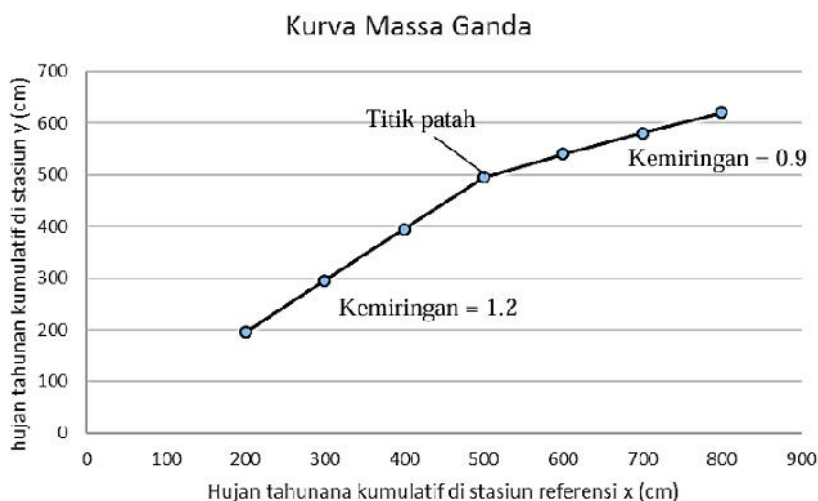
2.6. Analisis Hidrologi

Uji konsistensi data hujan dilakukan untuk menguji ke konsistenan data hujan. Data hujan yang tidak konsisten biasanya disebabkan karena perubahan atau gangguan lingkungan di sekitar tempat alat penangkar hujan dipasang, misalnya terhalang oleh pohon atau terletak berdekatan dengan bangunan gedung tinggi, perubahan cara penakaran dan pencatatan, pemindahan letak penakar dan sebagainya, sehingga memungkinkan terjadinya penyimpangan dari tren semula.

2.6.1. Uji Konsistensi Data

Perubahan lokasi stasiun hujan atau perubahan metode pengukuran hujan dapat memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap jumlah hujan yang terukur, sehingga hal ini dapat menyebabkan kesalahan ataupun menyebabkan data hujan yang ditinjau menjadi tidak konsisten. Uji validitas (*validity*) data dilakukan untuk

mengetahui apakah data hujan yang akan kita gunakan konsisten terhadap data hujan terdahulu atau tidak. Validitas data hujan juga bisa dicek dari stasiun hujan lainnya yang berada disekitarnya. Terdapat banyak sekali metode untuk mengecek validitas data hujan, sebagai berikut (Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Kontruksi, 2018) :



Gambar 15. Sketsa Analisa Kurva Masa ganda Debit Tahunan
Sumber : (Kementerian PUPR, Pusat Pengembangan Kompetensi SDA dan Permukiman., 2018)

Uji konsistensi data dapat dilakukan dengan menggunakan kurva massa ganda (*Double Mass Curve*). Dengan metode ini dapat dilakukan koreksi untuk data hujan yang tidak konsisten. Langkah yang dilakukan adalah membandingkan harga akumulasi curah hujan tahunan pada stasiun yang diuji dengan akumulasi curah hujan tahunan rerata dari suatu jaringan dasar stasiun hujan yang berkesesuaian, kemudian diplotkan pada kurva. Jaringan ini dipilih dari stasiun-stasiun hujan yang berdekatan dengan stasiun yang diuji dan memiliki kondisi meteorologi yang sama dengan stasiun yang diuji (Subarkah, 1980).

Dari **Gambar 6**. akan diperoleh garis ABC bila tidak ada perubahan terhadap lingkungan. Tetapi bila pada tahun tertentu terjadi perubahan lingkungan, maka didapat garis patah ABC'. Apabila terjadi penyimpangan (ABC'), maka dikoreksi dengan rumus (Nemec, 1973) :

$$tg \alpha = \frac{y_z}{x_z} \dots\dots\dots (2)$$

$$tg\alpha_o = \frac{Y_o}{X_o} \dots\dots\dots (3)$$

$$BC = \left(\frac{tg\alpha}{tg\alpha_o} \right) BC' \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

BC = Data hujan yang diperbaiki (mm)

BC' = Data hujan hasil pengamatan (mm)

Tga_o = Kemiringan setelah ada perubahan

Tga = Kemiringan sebelum ada perubahan

2.6.2. Curah Hujan Rerata Daerah

Dalam studi ini metode yang digunakan untuk menghitung hujan rata-rata kawasan adalah metode poligon *thiessen*. Cara ini didasarkan atas cara rata-rata timbang *weighted average*. Masing masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua stasiun penakar, sebagai contoh, metode poligon *thiessen* dapat dilihat pada **Gambar 16**. Misalnya A_1 adalah luas daerah pengaruh stasiun penakar 1, A_2 luas daerah pengaruh stasiun penakar 2 dan seterusnya. Jumlah $A_1 + A_2 + A_3 + \dots\dots A_n = A$ adalah merupakan jumlah luas seluruh areal yang dicari tinggi curah hujannya. Jika stasiun penakar 1 menakar tinggi hujan d_1 , stasiun penakar 2 menakar d_2 hingga stasiun penakar n menakar d_n , maka :

$$d = \frac{A_1.d_1 + A_2.d_2 + \dots\dots\dots A_n.d_n}{A} \\ = \sum_1^n \frac{A_i.d_i}{A} \dots\dots\dots (5)$$

Jika $\frac{A_i}{A} = p_i$ yang merupakan prosentasi luas maka

$$d = \sum_1^n p_i . d_i \dots\dots\dots (6)$$

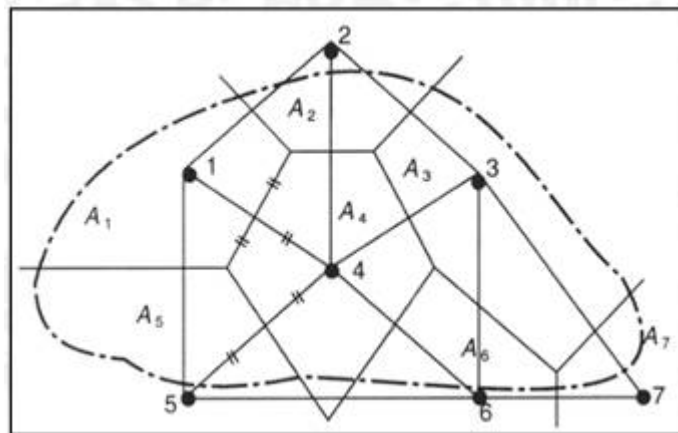
Dengan :

A = Luas areal (km^2)

d = Tinggi curah hujan rata-rata areal (mm)

$d_i, d_2, d_3, \dots, d_n$ = Tinggi curah hujan distasiun 1, 2, 3, ..., n

$\sum_1^n p_i$ = Jumlah prosentasi luas = 100%



Gambar 16. Metode Poligon *Thiessen*
Sumber : Soemarto (1999)

2.6.3. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi (Eto) adalah gabungan dari dua proses utama kehilangan air dari permukaan bumi ke atmosfer, Evaporasi yaitu penguapan air dari permukaan tanah, air, dan vegetasi basah. Transpirasi yaitu pelepasan uap air melalui stomata (mulut daun) tanaman. Jadi, evapotranspirasi menggambarkan jumlah total air yang berpindah dari permukaan bumi ke atmosfer dalam bentuk uap air (Subarkah,1980).

Eavapotranspirasi dihitung dengan menggunakan rumus-rumus teoristis empiris dengan memperhatikan faktor-faktor meteorologi yang terkait, seperti temperatur (suhu udara), kecepatan angin, kelembapan udara, lama penyinaran matahari, radiasi, dan tekanan udara di atas permukaan bumi.

Berikut beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perhitungan evapotranspirasi, antara lain:

2.6.3.1. Evapotranspirasi potensial (ET_o)

Evapotranspirasi potensial (ET_o) adalah laju maksimum penguapan dan transpirasi yang bisa terjadi bila tanaman mendapat air cukup. Evapotranspirasi Potensial dapat dihitung dengan rumus – rumus sebagai berikut (Fao et al., 1998) :

Rumus :

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(Rn-G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1+0.34u_2)} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan :

ET_o : Evapotranspirasi potensial (mm/hari)

Δ : Kemiringan kurva tekanan uap jenuh (kPa/°C)

R_n : Radiasi bersih permukaan (MJ/m²/hari)

G : Fluks panas tanah (MJ/m²/hari)

γ : Konstanta Psikometrik (kPa/°C)

T : Suhu udara rata rata (m/s)

u₂ : Kecepatan angin di ketinggian 2 meter (m/s)

e_s – e_a : Defisit tekanan uap (selisih uap jenuh dan aktual) (kPa)

2.6.3.2. Evapotranspirasi aktual (E_a)

Evapotranspirasi aktual (E_a) adalah laju penguapan dan transpirasi yang benar-benar terjadi karena ketersediaan air di tanah tidak mencukupi. Evapotranspirasi aktual (E_a) dihitung dari Evapotranspirasi potensial (ET_o) metode penman.

Hubungan antara E_a dan E_o dihitung dengan rumus :

$$E_a = ET_o - \Delta E \rightarrow (E_a = E_t) \dots\dots\dots (8)$$

$$\Delta E = ET_o \times \left(\frac{m}{20}\right) \times (18 - n) \rightarrow (E = \Delta E) \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan :

E_a = Evapotranspirasi aktual (mm/hari)

E_t = Evapotranspirasi terbatas (mm/hari)

ET_o = Evapotranspirasi potensial metode penman (mm/hari)

m = singkapan lahan (*Exposed Surface*)

$m = 0$ untuk lahan hutan lebat

$m = 0$ untuk lahan dengan hutan sekunder pada akhir musim hujan dan bertambah 10% setiap bulan kering berikutnya

$m = 10 - 40\%$ untuk lahan tererosi

$m = 30 - 50\%$ untuk lahan pertanian yang diolah (misal: sawah dan lading pada musim kemarau m harus dibesarkan sekitar 10% dari musim hujan). Berdasarkan daerah studi yang merupakan daerah lahan pertanian yang diolah dan lahan tererosi maka dapat diasumsikan untuk factor m diambil 50 (Fao et al., 1998).

n = hari hujan (hari)

2.6.4. Pengalihragaman Data Curah Hujan menjadi Debit

2.6.4.1. Metode *F.J. Mock*

Metode *F.J. Mock* memperhitungkan data daerah hujan, evapotranspirasi, dan karakteristik hidrologi daerah pengaliran sungai. Hasil pemodelan ini dapat dipercaya jika ada debit pengamatan sabagai pembanding, tetapi karena belum adanya alat yang mencatat debit lapangan di DAS Way Semaka. Sehingga debit hasil analisis ini masih bersifat estimasi/simulatif. Untuk itu, pendekatan parameter hidrologi yang lebih cermat sehingga hasil simulasi dapat diterima dengan tingkat akurasi sedang tetapi masih dapat digunakan untuk analisa selanjutnya.

Data dan asumsi yang diperlukan untuk perhitungan Metode *F.J. Mock* adalah sebagai berikut (Kementerian PUPR, Ditjen SDA., 2013) :

1. Data Curah Hujan (h)

Data curah hujan yang digunakan adalah curah hujan 10 (sepuluh) harian. Stasiun curah hujan yang dipakai adalah stasiun yang dianggap mewakili kondisi hujan didaerah tersebut.

2. Evapotranspirasi Terbatas (E_t)

Evapotranspirasi aktual (E_a) adalah laju penguapan dan transpirasi yang benar-benar terjadi karena ketersediaan air di tanah tidak mencukupi. Evapotranspirasi actual mempertimbangkan kondisi vegetasi dan permukaan tanah serta frekuensi curah hujan. Untuk menghitung evapotranspirasi terbatas diperlukan data:

- a). Curah hujan 10 harian
- b). Jumlah hari hujan
- c). Evapotranspirasi Potensial (E_{To}) adalah jumlah maksimum air yang dapat diuapkan dan ditranspirasikan oleh vegetasi jika air tanah tidak terbatas (cukup tersedia).
- d). Permukaan Lahan Terbuka ($m\%$) ditaksir berdasarkan peta tutupan lahan atau dengan asumsi :
 - $m = 0\%$ untuk lahan dengan hutan lebat
 - $m = 0\%$ pada akhir musim dan bertambah 10% setiap bulan kering untuk lahan sekunder.
 - $m = 10\%-40\%$ untuk lahan yang tererosi
 - $m = 30\%-50\%$ untuk lahan pertanian yang diolah
- e). Penurunan Evapotranspirasi Terbatas (E) yang diakibatkan keterbatasan air tanah dan vegetasi.

3. Faktor karakteristik hidrologi bukaan lahan :

- $m = 0\%$ untuk lahan dengan hutan lebat
- $m = 10\%-40\%$ untuk lahan tererosi
- $m = 30\%-50\%$ untuk lahan pertanian yang diolah

Berdasarkan hasil analisis tutupan lahan di *Software* Pengolahan Data Spasial untuk seluruh di daerah studi yang merupakan daerah yang mempunyai tingkat kesuburan tinggi, dan banyak di dominasi dengan lahan pertanian, sehingga dapat di asumsikan untuk faktor m diambil 30%-50%.

4. Luas Daerah Aliran Sungai (DAS)

Semakin besar DAS kemungkinan akan semakin besar pula ketersediaan debitnya.

5. Keseimbangan Air adalah sisa air dari curah hujan setelah dikurangi kebutuhan air (evapotranspirasi), serta bagaimana air itu tersimpan atau mengalir di DAS. Hitungan dalam Keseimbangan Air :

- a). Perubahan kandungan air tanah ($\Delta Storage$ (Ds)) adalah menghitung selisih antara air yang masuk (hujan) dan air yang keluar (evapotranspirasi).
- b). Kandungan air tanah (*Soil Moisture*(SM)) adalah Menunjukkan jumlah air yang tersimpan di lapisan tanah (dalam mm).
- c). Kapasitas kelembapan tanah(*Soil Moisture Capacity*(SMC)) adalah batas maksimum tanah dapat menahan air sebelum kelebihan air mengalir ke permukaan. Nilai SMC ditentukan berdasarkan jenis tanah dan tutupan lahan, biasanya berkisar 50-250mm, kapasitas kandungan air dalam tanah per m², porositas makin besar, SMC makin besar pula. Jika kandungan air tanah (SM) > SMC, maka kelebihan itu tidak bisa disimpan lagi sehingga menjadi air limpasan (*runoff*).

Rumus :

$$SMC = 100 + 0,2 \times \text{hujan rerata tahunan} \dots\dots\dots (10)$$

$$SMC = 100 + 0,2 \times 647,54 \text{ mm}$$

$SMC = 229,508 \text{ mm}$, berdasarkan analisa, nilai SMC pada daerah DAS Way Semaka bernilai 229,508 mm.

- d). Kelebihan air(WS) adalah air yang melimpah dari kapasitas tanah (SMC), sehingga mengalir keluar sistem (menjadi aliran permukaan dan air tanah dalam).

6. Aliran dan penyimpanan air tanah adalah proses pergerakan air dari permukaan bumi yang meresap ke dalam tanah (infiltrasi), disimpan sementara di lapisan tanah (*storage*), dan kemudian keluar kembali sebagai aliran ke sungai atau mata air (*baseflow*). Hitungan dalam aliran dan penyimpanan air tanah antara lain sebagai berikut :

- a). Infiltrasi (I) adalah bagian dari kelebihan air (WS) yang meresap ke dalam tanah dan menjadi air tanah (*groundwater recharge*). Sisa dari WS yang tidak meresap akan langsung menjadi aliran permukaan.
- b). Volume penyimpanan (V_n) adalah jumlah air tanah yang tersimpan pada bulan ke-n.

- c). Perubahan volume air (DV_n) adalah selisih antara volume air tanah bulan ini dan sebelumnya.
- d). Aliran dasar (*Base Flow(BF)*) adalah aliran air tanah yang keluar perlahan ke sungai, menjaga debit sungai saat tidak hujan.
- e). Aliran Langsung (*Direct Runoff (DR)*) adalah air hujan yang langsung mengalir ke sungai tanpa sempat meresap.
- f). Aliran (*Runoff*) adalah total aliran keluar dari DAS (total runoff).

7. Limpasan dan penyimpanan air tanah (*run off* dan *ground water storage*).

Nilai *run off* dan *ground water storage* tergantung dari keseimbangan air dan kondisi tanahnya. Data-data yang diperlukan untuk menentukan besarnya aliran air tanah adalah sebagai berikut :

a). Koefisien infiltrasi

koefisien nilai infiltrasi diperkirakan berdasarkan kondisi porositas dan kemiringan DPS. Lahan DPS yang *porous* memiliki koefisien infiltrasi yang besar. Sedangkan lahan yang DPS nya terletak di kemiringan dan memiliki *porous* yang kecil memiliki koefisien infiltrasi yang kecil, karena air akan sulit terinfiltrasi ke dalam tanah. Batasan koefisien infiltrasi adalah 0-1.

b). Faktor resensi aliran tanah (k)

Faktor resesi adalah perbandingan antara aliran air tanah pada bulan ke-n dengan aliran air tanah pada awal bulan tersebut. Faktor resesi aliran tanah dipengaruhi oleh sifat geologi DPS. Dalam perhitungan ketersediaan air Metode *F.J Mock*, besarnya nilai k didapat dengan cara coba-coba sehingga dapat dihasilkan aliran seperti yang diharapkan.

c). *Initial Storage(IS)*

Initial storage atau tampungan awal adalah perkiraan besarnya volume air pada awal perhitungan. IS di lokasi studi diasumsikan sebesar 100 mm.

8. Debit aliran sungai adalah seberapa besar air yang mengalir di sungai dalam waktu tertentu, biasanya dinyatakan dalam satuan $m^3/detik$ (meter kubik per detik).

Tabel 7. Parameter Perhitungan *F.J. Mock*

No.	Uraian	Hitungan	Satuan
I.	DATA HUJAN		
1.	Curah Hujan (P)	Data	mm/hari
2.	Hari Hujan(h)	Data	hari
II.	EVAPOTRANSPIRASI TERBATAS (Et)		
3.	Evapotranspirasi Potensial (ETo)	ETo	mm/hari
4.	Permukaan Lahan Terbuka(m)	Tentukan	%
5.	$\left(\frac{m}{20}\right) \times (18 - h)$	Hitungan	-
6.	$E = (ETo) \times \left(\frac{m}{20}\right) \times (18 - h)$	(3)×(5)	mm/hari
7.	$Et = (ETo) - (E)$	(3)-(6)	mm/hari
III.	KESEIMBANAGN AIR		
8.	$DS = P - Et$	(1)-(7)	mm/hari
9.	Kandungan air tanah(SM)		mm/hari
10.	Kapasitas kelembapan tanah(SMC)	SMC	mm/hari
11.	Kelebihan air (WS)	(8)-(9)	mm/hari
IV.	ALIRAN DAN PENYIMPANAN AIR TANAH		
12.	Infiltrasi(I)	(11)×(i)	mm/hari
13.	$0,5(1 + k)in$	Hitungan	-
14.	$k \times V(n - 1)$	Hitungan	-
15.	Volume penyimpanan (V _n)	(13)+(14)	mm/hari
16.	Perubahan volume air (DV _n)	V _n -V(n-1)	mm/hari
17.	Aliran dasar (BF)	(12)-(16)	mm/hari
18.	Aliran langsung(DR)	(11)-(12)	mm/hari
19.	Aliran (R)	(17)+(18)	mm/hari
V.	DEBIT ALIRAN SUNGAI		
21.	Debit aliran sungai	A×(19)	m ³ /dtk
22.	Debit aliran sungai		lt/dtk
23.	Jumlah hari		

Sumber : (Kementerian PUPR, Ditjen SDA., 2013)

2.6.4.2. Metode NRECA

Metode *NRECA* merupakan salah satu model penghujan-alir (*rainfall-runoff*) yang sering digunakan di Indonesia terutama untuk daerah yang tidak memiliki pengukuran debit langsung, tetapi memiliki data curah hujan, evapotranspirasi dan karakteristik daerah aliran sungai (DAS) (Hidayat dan Nugroho, 2025). Model *NRECA* diperkenalkan oleh Norman H.Crowford pada tahun 1985. Model ini merupakan model konsepsi yang bersifat deterministik. Disebut model konsepsi karena basisnya didasari oleh teori. Untuk menginterpretasikan fenomena proses fisiknya digunakan persamaan dan rumus semi empiris. Perhitungan debit aliran masuk metode *NRECA*, dilakukan dengan beberapa langkah sebagai berikut (Kementerian PUPR, Ditjen SDA., 2013) :

- 1) Nama bulan dari Januari sampai Desember tiap-tiap tahun pengamatan
 - 2) Curah hujan bulanan
 - 3) Nilai curah hujan bulanan (R_b)
 - 4) Nilai penguapan peluh potensial (PET atau Eto)
 - 5) Nilai tampungan kelengasan awal (W_o). Nilai awal ini harus dicoba-coba dan dicek agar nilai pada bulan januari mendekati nilai pada bulan Desember, jika selisih nilai melebihi 200 mm, harus diulangi lagi.
 - 6) Rasio R_b/PET
 - 7) Rasio AET/PET
- AET = penguapan peluh aktual yang nilainya bergantung dari rasio R_b/PET dan W_i .

$$9) AET = (AET/PET) \times PET \times \text{koef. Reduksi}$$

Koefisien reduksi diperoleh dari fungsi kemiringan lahan, seperti pada tabel berikut:

Tabel 8. Koefisien Reduksi Penguapan Peluh

Kemiringan (m/Km)	Koefisien Reduksi
0 - 50	0,9
51 - 100	0,8
101 - 200	0,6

Tabel 8. Koefisien Reduksi Penguapan Peluh (Lanjutan)

Kemiringan (m/Km)	Koefisien Reduksi
>200	0,4

Sumber : (Kementerian PUPR, Ditjen SDA., 2013)

10. Neraca air Rb - AET

11. Rasio kelebihan kelengasan (*excess moisture*) yang dapat diperoleh sebagai berikut :

Bila neraca air positif (+), maka rasio tersebut dapat diperoleh dengan memasukkan harga Wi. Bila neraca air negatif (-) rasio = 0.

12. Kelebihan kelengasan = rasio kelebihan kelengasan x neraca air

13. Perubahan tampungan = neraca air - kelebihan kelengasan

14. Tampungan air tanah = PSUB × kelebihan kelengasan

PSUB adalah parameter yang menggambarkan karakteristik tanah permukaan (kedalaman 0-2) yang nilainya 0,3 untuk tanah kedap air dan 0,9 untuk tanah lulus air.

15. Tampungan air tanah awal yang harus dicoba-coba dengan nilai awal = 2

16. Tampungan air tanah akhir = tampungan air tanah + tampungan air tanah awal (kolom 14 + 15)

17. Aliran air tanah = GWF × tampungan air tanah akhir (kolom 16)

GWF adalah parameter yang menggambarkan karakteristik tanah permukaan (kedalaman 2 - 10) yang nilainya 0,8 untuk tanah kedap air dan 0,2 untuk tanah lulus air.

18. Aliran langsung (*direct run off*) = kelebihan kelengasan - tampungan air tanah (kolom 12 - 14)

19. Aliran total = aliran langsung + aliran air tanah (kolom 18 + 17) dalam mm

20. Aliran total dalam kolom 19 dalam mm diubah ke dalam satuan m^3/dtk . (kolom 19 × luas)/(10 harian × 24 × 3600).

Untuk perhitungan bulan berikutnya yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut : Tampungan kelengasan = tampungan kelengasan bulan sebelumnya + perubahan tampungan (kolom 5 + 13), semuanya bulan

sebelumnya. Tampungannya air tanah = tumpukan air tanah akhir + aliran air tanah (kolom 16 + 17). semuanya dari bulan sebelumnya.

2.7. Limpasan Permukaan

Secara sederhana, limpasan adalah kelebihan air hujan yang jatuh ke bumi dalam bentuk aliran baik secara merata maupun terpusat. Sungai atau saluran buatan dapat mengumpulkan maupun menampung limpasan aliran tersebut. Limpasan aliran pada dasarnya dapat terdiri dari beberapa jenis tergantung dari media di mana aliran tersebut bekerja. Di dalam analisis hidrologi, aliran limpasan permukaan yang paling diperhitungkan dan berpengaruh dalam proses hidrologi suatu wilayah DAS (Tallar, R. Y, 2003).

2.7.1. Metode SCS (*Soil Conservation Service*)

Untuk menentukan besarnya volume limpasan permukaan dengan menggunakan HEC HMS, metode yang digunakan adalah metode SCS (*Soil Conservation Service*) *Curve Number* (SCS,1972). *The Soil Conservation Service* (1972) atau metode SCS adalah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan nilai abstraksi dari curah hujan. Metode ini berasumsi bahwa ratio dari abstraksi dari curah hujan. Metode ini berasumsi bahwa ratio dari abstraksi langsung dengan simpangan air permukaan (*retention*) sama dengan ratio nilai limpasan permukaan langsung (*direct runoff*) dengan nilai potensial limpasan (*potential runoff*). Untuk rumusnya sebagai berikut (States, 1986) :

$$S = \frac{25400 - (254 \times CN)}{CN} \dots\dots\dots (11)$$

Keterangan :

CN = Bilangan kurva air larian, bervariasi dari 0 hingga 100.

Nilai CN pada metode SCS (*Soil Conservation Service*) ini dapat ditentukan berdasarkan penentuan kelompok Hidrologi Tanah atau *Hidrologic Soil Group* (HSG), klasifikasi tutupan lahan. Berikut penjelasannya (KLHK, 2021) :

2.7.1.1. Penentuan kelompok Hidrologi Tanah atau *Hidrologic Soil Group (HSG)*

Hidrologic Soil Group dapat ditentukan berdasarkan sifat-sifat tanah melalui tekstur tanah yang berkaitan dengan nilai kapasitas air efektif dalam tanah.

Tabel 9. Klasifikasi Hidrologi Tanah Berdasarkan Tekstur Tanah

Kelompok Tanah	Laju Infiltrasi Tanah (mm/jam)	Tekstur Tanah
A	8-12	Pasir (<i>sand</i>), pasir berlempung, lempung berpasir
B	4-8	Lempung berdebu, lempung(<i>loam</i>)
C	1-4	Lempung pasir berliat
D	<1	Lempung berliat, lempung debu berliat, liat berpasir, liat berdebu, liat(<i>clay</i>).

Sumber : (Direktorat Perencanaan dan Evaluasi Pengendalian DAS., 2021)

Tabel 10. Kelompok Hidrologi Tanah Berdasarkan *SCS Curve Number*

Kelompok Tanah	Deskripsi Jenis Tanah
A	Terdiri dari tanah dengan potensi limpasan rendah, mempunyai laju infiltrasi tinggi. Terutama untuk tanah pasir (<i>deep sand</i>) dengan <i>sity</i> dan <i>clay</i> sangat sedikit, juga kerikil (<i>graved</i>) yang sangat lulus air.
B	Terdiri dari tanah dengan potensi limpasan agak rendah, laju infiltrasi sedang. Tanah berbutir sedang (<i>sandy soils</i>) dengan laju meloloskan air sedang.
C	Terdiri dari tanah dengan potensi limpasan agak tinggi, laju infiltrasi lambat jika tanah tersebut sepenuhnya basah. Tanah berbutir sedang sampai halus (<i>clay and colloids</i>) dengan laju meloloskan air lambat.

Tabel 10. Kelompok Hidrologi Tanah Berdasarkan SCS *Curve Number* (Lanjutan)

Kelompok Tanah	Deskripsi Jenis Tanah
D	Terdiri dari tanah dengan potensi limpasan tinggi, mempunyai laju infiltrasi sangat lambat. Terutama tanah liat (<i>clay</i>) dengan daya kembang tinggi, tanah dengan muka air tanah permanen tinggi, tanah dengan lapisan lempung di dekat permukaan tanah yang dilapisi dengan bahan kedap air. Tanah ini mempunyai laju meloloskan air sangat lambat.

Sumber : (KLHK, 2021)

Tabel 11. Penyetaraan Kelompok Hidrologi Tanah

NO.	Sistem lahan	Kode Tanah
1.	Agak halus/batu	C
2.	Agak halus/halus	C
3.	Agak halus/agak halus	C
4.	Agak kasar/batu	B
5.	Agak kasar/cukup	B
6.	Agak kasar/kasar	A
7.	Agak kasar/agak halus	B
8.	Agak kasar/agak kasar	B
9.	Cukup/agak halus	B
10.	Cukup/cukup	B
11.	Cukup/halus	C
12.	Gambut/gambut	D
13.	Gambut/halus	D
14.	Halus/halus	D
15.	Kasar	A
16.	Kasar/agak/halus	B

Sumber : (KLHK, 2021)

2.7.1.2. Klasifikasi Tutupan Lahan

Nilai *CN* berkisar antara 100 untuk tubuh air dan 25 untuk tanah permeabel dengan laju infiltrasi tinggi. Nilai *CN* dari DAS diperkirakan sebagai suatu fungsi dari tutupan lahan, tipe tanah, dan AMC. Tipe tanah dikelompokkan menjadi empat dengan notasi A, B, C dan D.

Tabel 12. Penyetaraan Kelompok Hidrologi Tanah

NO.	Deskripsi Tutupan Lahan	Kelompok Hidrologi Tanah			
		A	B	C	D
1.	Hutan	25	55	70	77
		30	58	72	78
		25	55	70	77
2.	Padang rumput	36	60	73	78
3.	Kawasan industri dan perpakiran kedap air	90	93	94	94
		90	93	94	94
4.	Kawasan perumahan	60	74	83	87
5.	Lahan terbuka	72	82	88	90
		77	86	91	94
6.	Lahan pertanian tertutup tanaman	52	68	79	84
7.	Lahan pertanian	64	75	83	87
8.	Tubuh perairan	98	98	98	98

Sumber : (KLHK, 2021)

Tabel 13. Kode Penutup Tutupan Lahan

NO.	Tutupan Lahan	Kode
1.	Hutan	1
2.	Padang rumput	2
3.	Kawasan industri dan perpakiran kedap air	3
4.	Kawasan perumahan	4
5.	Lahan terbuka	5
6.	Lahan pertanian tertutup tanaman	6
7.	Lahan pertanian	7

Tabel 13. Kode Penutup Tutupan Lahan (Lanjutan)

NO.	Tutupan Lahan	Kode
8.	Tubuh perairan	8

Sumber : (Direktorat Perencanaan dan Evaluasi Pengendalian DAS., 2021)

2.8. Hidrograf Satuan Sintesis

Hidrograf satuan adalah hidrograf limpasan langsung yang dihasilkan oleh hujan efektif (hujan netto) yang terjadi merata di seluruh DAS dan dengan intensitas tetap selama satu satuan waktu yang ditetapkan, yang disebut hujan satuan. Hujan satuan adalah curah hujan yang lamanya sedemikian rupa sehingga lamanya limpasan permukaan tidak menjadi pendek, meskipun curah hujan itu menjadi pendek. Jadi hujan satuan yang dipilih adalah yang lamanya sama atau lebih pendek dari periode naik hidrograf (waktu dari titik permulaan aliran permukaan sampai puncak, *time to peak*). Periode limpasan dari hujan satuan semuanya adalah kira-kira sama dan tidak ada sangkut pautnya dengan intensitas hujan (Pusat Pengembangan Kompetensi Sumber Daya Air dan Permukiman, 2021).

2.8.1. Hidrograf Satuan Sintesis Snyder

Tahun 1938, *Snyder* menerbitkan suatu Unit Hidrograf parametrik yang dikembangkan untuk analisa dari daerah aliran sungai yang menyediakan hubungan untuk menaksir parameter Unit hidrograf dari karakteristik-karakteristik suatu batas air. Unsur-unsur hidrograf yang digunakan untuk nilai parameter simulasi *HEC-HMS* yaitu sebagai berikut (Kementerian PUPR, Pusat Pengembangan Kompetensi SDA dan Permukiman., 2021) :

Tabel 14. Parameter HSS *Snyder*

NO.	Parameter	Keterangan				
		Penjelasan		Hitungan		Satuan
1.	Sub <i>Catcment</i>	Bentuk Semaka	Das	Way	Analisis <i>Software</i> Pengolahan Data Spasial	-
2.	Luas	Luas			Luas daerah pengaliran	km ²
3.	<i>Curva Number</i>	Nilai menunjukkan kemampuan menyerap air; besar CN→ semakin besar limpasan.		yang tanah semakin	Pembobotan berdasarkan Literatur.	-
4.	C_1	Faktor empiris untuk menghitung waktu ke puncak (tp) dalam metode <i>Snyder</i> . Menyesuaikan karakter DAS.			Pembobotan berdasarkan literatur	-
5.	C_t	Faktor untuk menghitung tunda (<i>lag time</i>) antara curah hujan dan puncak debit.			Pembobotan berdasarkan literatur	-
6.	Panjang sungai utama	Panjang Sungai			Analisis <i>Software</i> Pengolahan Data Spasial	km ²

Tabel 14. Parameter HSS Snyder (Lanjutan)

NO.	Parameter	Keterangan		
		Penjelasan	Hitungan	Satuan
7.	L_c	Panjang dari outlet DAS ke titik berat aliran di sepanjang sungai utama. Digunakan dalam perhitungan tunda.	Analisis di <i>Software</i> Pengolahan Data Spasial	km ²
8.	t_l	Selang waktu antara pusat curah hujan efektif dan puncak debit banjir. Dihitung dengan parameter C_t , L , L_c dan C_1 .	$t_l = C_1 \times C_t \times (LL_c)^{0,3}$	Jam
9.	<i>Peaking coeficien</i>	Faktor untuk menentukan tinggi debit puncak; menunjukkan respons kecepatan DAS terhadap hujan.	Pembobotan berdasarkan literatur	-
10.	S (<i>Potential maximum retention</i>)	Kapasitas maksimum tanah untuk menahan air sebelum limpasan terjadi (mm). Dihitung dari CN.	$S = \frac{25400 - (254 \times CN)}{CN}$	mm
11.	<i>Initial abstrasction</i>	Besarnya air yang hilang terlebih dahulu sebelum limpasan terjadi (infiltrasi awal,	$I_a = 0,2(S)$	mm

Tabel 14. Parameter HSS *Snyder* (Lanjutan)

NO.	Parameter	Keterangan		
		Penjelasan	Hitungan	Satuan
		evaporasi, dan lain-lain).		
12.	<i>Impervious</i> (%)	Persentase permukaan kedap air (jalan, bangunan, dan lain-lain) di DAS, yang meningkatkan limpasan langsung.	Pembobotan berdasarkan literatur	%

Sumber : (Kementerian PUPR, Pusat Pengembangan Kompetensi SDA dan Permukiman., 2021)

2.9. Debit Puncak Menggunakan Pemodelan Hidrologi Pada *HEC-HMS*

Debit puncak menggunakan pemodelan hidrologi pada *HEC-HMS* merupakan proses untuk mensimulasikan besarnya debit maksimum yang terjadi di suatu daerah aliran sungai (DAS) akibat hujan tertentu. *HEC-HMS* bekerja dengan mengolah input seperti curah hujan, karakteristik tutupan lahan, tekstur tanah, dan parameter *runoff* untuk menghasilkan hidrograp banjir, termasuk nilai debit puncaknya. Model ini membantu memperkirakan bagaimana perubahan kondisi DAS misalnya perubahan tutupan lahan atau intensitas hujan mempengaruhi besarnya debit puncak yang mengalir ke sungai, sehingga sangat berguna untuk analisis banjir, perencanaan tata ruang, dan pengelolaan sumber daya air (Azis et al., 2024). Pemodelan hidrologi yang dipakai dalam penelitian ini adalah menggunakan *Software HEC-HMS 4.13*. *Software* ini merupakan singkatan dari *Hydrologic Engineering Center-Hidrologi Modelling Sistem*, yang dikembangkan oleh *Hydrologic Engineering Center* milik *US Army Corps of Engineers*. Didalam pemanfaatn program *Software HEC-HMS 4.13* memerlukan bantuan program

Software Pengolahan Data Spasial untuk membantu dalam pembuatan model DAS, termasuk deliniasi batas DAS, jaringan sungai, sub-DAS, dan penentuan titik *outlet*. Secara garis besar, langkah-langkah didalam penggunaan *Software HEC-HMS 4.13* ini adalah sebagai berikut (Kementerian PUPR, Pusat Pengembangan Kompetensi SDA dan Permukiman., 2021) :

- a. Memasukkan data dan bentuk DAS.
- b. Memasukkan data curah hujan.
- c. Memasukkan data masing-masing sub-basin.
- d. Menentukan batasan waktu running model.
- e. Memilih konfigurasi running model.
- f. Melakukan *running* model.
- g. Hasil *running* model.

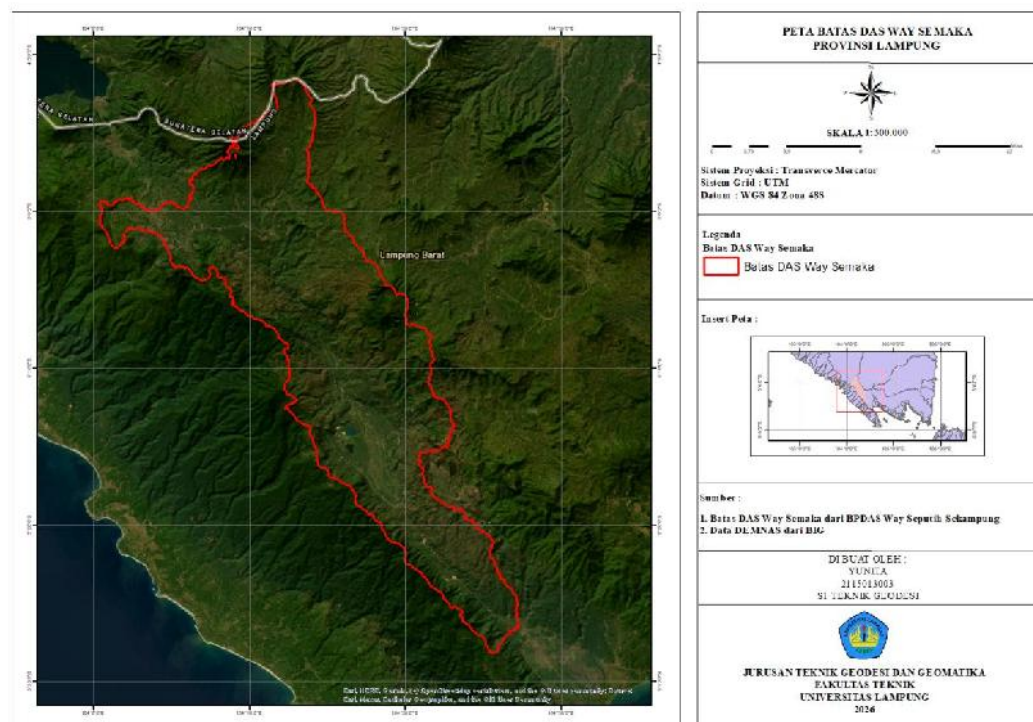
III. METODE PELAKSANAAN

3.1. Deskripsi Lokasi Penelitian

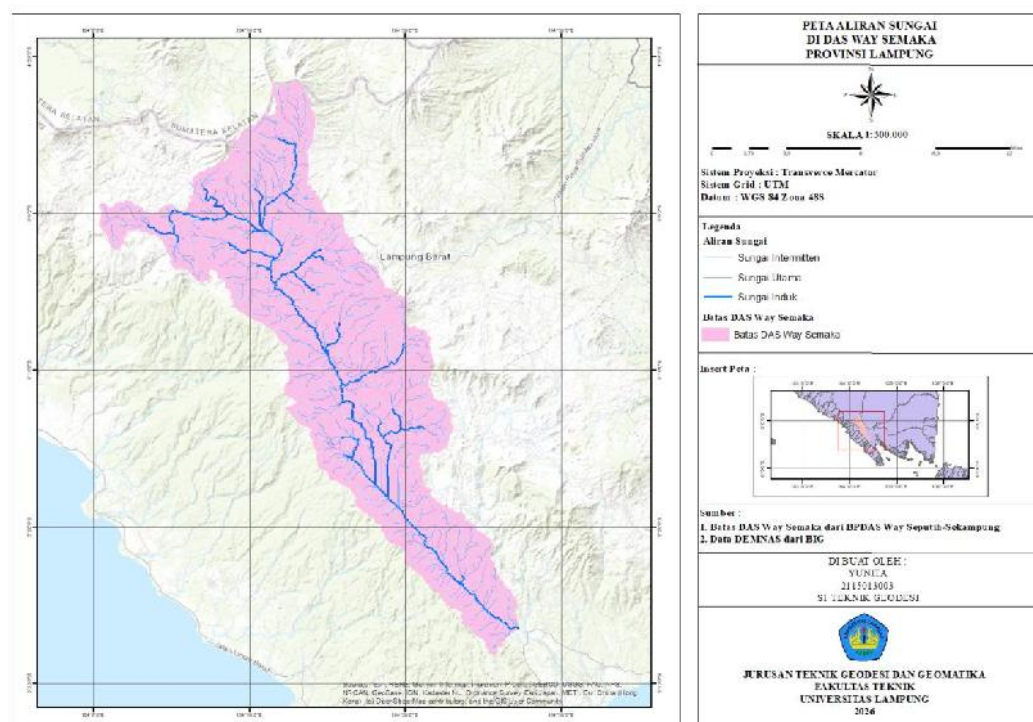
Lokasi penelitian berada di DAS Way Semaka yang terletak di Kabupaten Tanggamus dan Kabupaten Lampung Barat. Luas DAS Way Semaka yaitu 925,48 km². DAS Way Semaka saat ini menghadapi kondisi yang memprihatinkan tutupan hutannya banyak berubah menjadi lahan pertanian atau kebun, sehingga fungsi alami DAS sebagai pengatur tata air, penahan erosi, dan penjaga kesuburan tanah tergerus (Herwanti, 2020). Dampak dari alih fungsi lahan itu kemungkinan besar berkontribusi terhadap menurunnya kualitas air dan terganggunya ekosistem sungai serta lingkungan sekitar (Herwanti, 2020). Di samping itu, belakangan ini aliran Sungai Way Semaka juga menjadi sorotan karena munculnya konflik manusia-satwa yaitu buaya, dilaporkan muncul di aliran sungai bahkan menyerang hingga memakan korban jiwa, menandakan bahwa habitat satwa liar dan manusia kini saling bersinggungan, kemungkinan akibat rusaknya habitat alami. Baru-baru ini juga ada upaya rehabilitasi ekosistem dengan melibatkan komunitas setempat untuk memulihkan fungsi hutan di kawasan DAS Semaka (Oktavia, V., 2025).

Dari hasil Deliniasi batas DAS Way Semaka didapatkan luas DAS 925,48 km², dengan aliran sungai di bagi menjadi 3 bagian, yaitu sungai induk, sungai utama, dan sungai intermiten. Untuk panjang sungai induk yaitu 68,05 km, dan luas seluruh permukaan tampungan di DAS Way Semaka sebesar 347,401 km², panjang dari titik outlet ke titik tengah(centroid) yaitu 0,04702 km.

Berikut ini merupakan Peta dari tempat penelitian Di DAS Way Semaka :



Gambar 17. Peta Daerah Penelitian DAS Way Semaka Provinsi Lampung



Gambar 18. Peta Aliran Sungai Di DAS Way Semaka

3.2. Data dan Perlengkapan

Untuk menunjang penelitian yang akan dilaksanakan, peneliti menggunakan data dan peralatan sebagai berikut.

3.2.1. Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 15. Data Penelitian

No.	Data	Format Data	Sumber Data
1.	Data DEMNAS	Raster	BIG dan USGS
2.	Citra Sentinel-2A Tahun, 2020, 2024	Raster	<i>Copernicus Data Space Ecosystem</i>
3.	Citra Landsat-8 L2 Tahun 2015	Raster	<i>Copernicus Data Space Ecosystem</i>
4.	Data Curah Hujan Tahun 2015 dan 2024	Tabular	Dinas PSDA Provinsi Lampung dan BMKG-Stasiun Kelas III Lampung Utara
5.	Peta RBI (skala 1 : 25.000)	Vektor	BIG
6.	Data Batas DAS Way Semaka	Vektor	BPDAS Way Seputih-Sekampung
7.	Peta Geologi	Vektor	Balai Besar Pengujian Standar Instrumen Sumberdaya Lahan Pertanian (BSIP SDLP), Bogor, Jawa Barat
8.	Data Temperatur Udara Tahun 2015-2024	Tabular	<i>Nasa Power</i>
9.	Data Temperatur Udara Maksimal Tahun 2015-2024	Tabular	<i>Nasa Power</i>
10.	Data Temperatur Udara Minimal Tahun 2015-2024		<i>Nasa Power</i>
11.	Data Kecepatan Angin Tahun 2015-2024	Tabular	<i>Nasa Power</i>
12.	Data Kelembapan Relatif Udara Tahun 2015-2024	Tabular	<i>Nasa Power</i>
13.	Data Lama Penyinaran Matahari tahun 2015-2024	Tabular	<i>Nasa Power</i>

Tabel 15. Data Penelitian (Lanjutan)

No.	Data	Format Data	Sumber Data
14.	Data Radiasi Tahun 2015-2024	Tabular	<i>Nasa Power</i>
15.	Data Tekanan Udara Diatas Permukaan Bumi Tahun 2015-2024	Tabular	<i>Nasa Power</i>

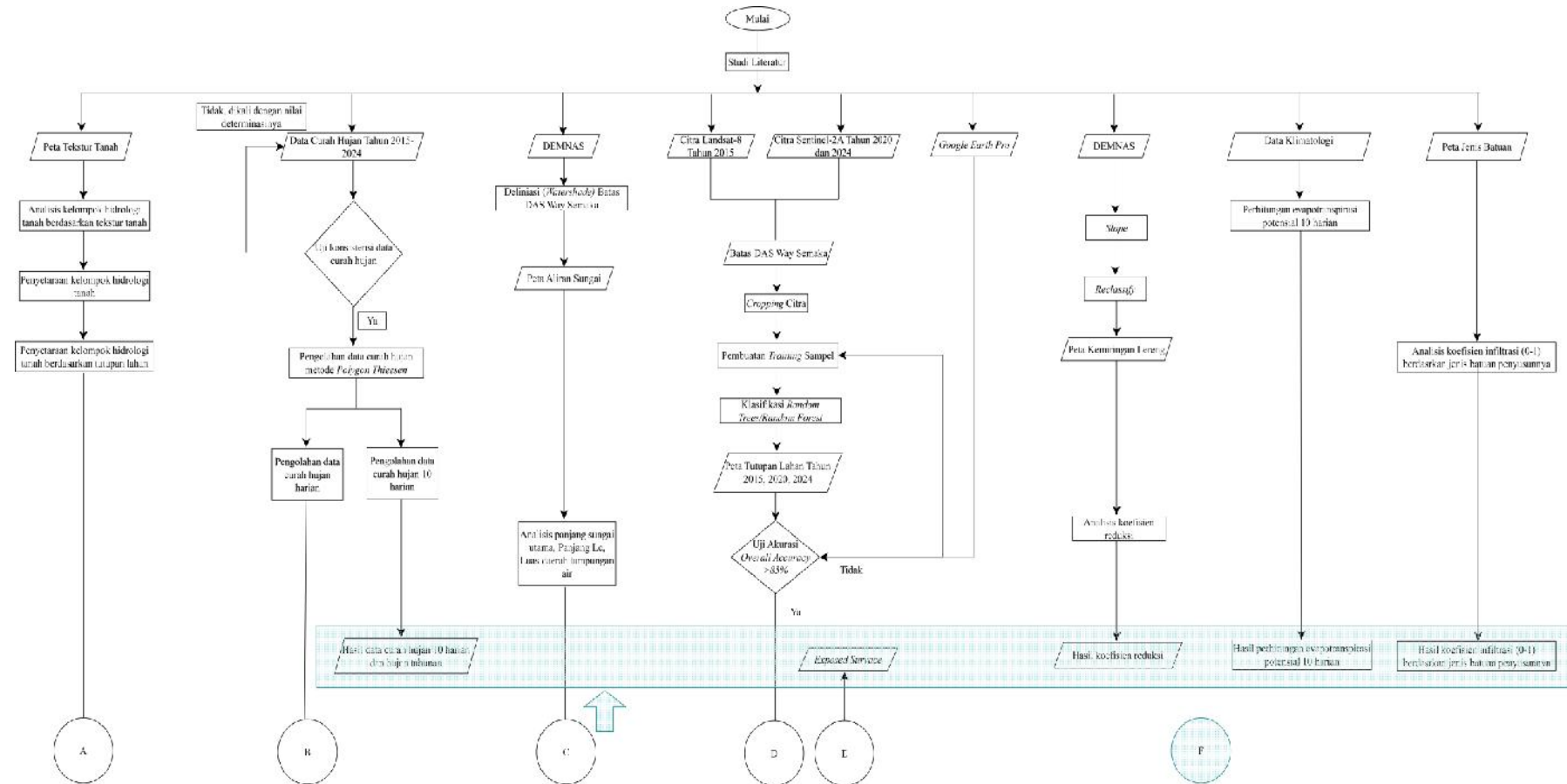
3.2.2. Perlengkapan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari :

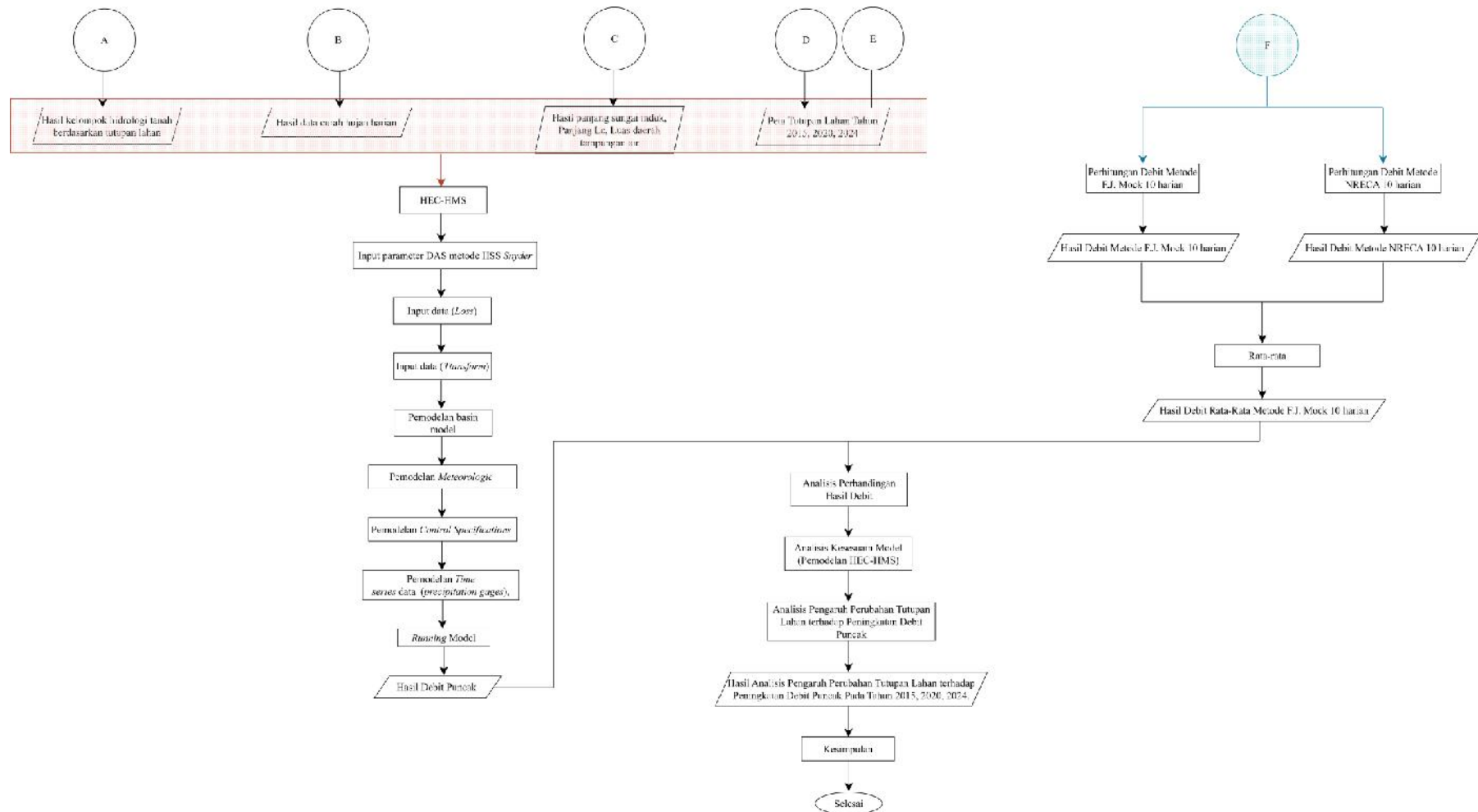
Tabel 16. Perlengkapan Penelitian

Jenis	Keterangan
Perangkat Keras	Laptop/Komputer
Perangkat Lunak	<i>Software</i> Pengolahan data spasial
	<i>Software</i> Pengolahan kata
	<i>Software</i> Pengolahan angka

3.3. Metodologi Penelitian



Gambar 19. Diagram Alir Penelitian



Gambar 18. Diagram Alir Penelitian

3.4. Tahap Persiapan

Tahap persiapan merupakan fase awal sebelum penelitian sebenarnya dilakukan. Tahap ini penting untuk memastikan penelitian berjalan sistematis, terarah, dan sesuai metodologi.

3.4.1. Studi Literatur

Studi literatur merupakan proses mengumpulkan, membaca, dan menganalisis sumber informasi yang relevan dengan topik penelitian. Tujuannya untuk memahami teori, konsep, dan penelitian terdahulu.

3.4.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data bertujuan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan agar penelitian bisa dianalisis dan disimpulkan dengan tepat. Data tersebut didapatkan dari berbagai instansi dan sumber terkait. Data DEMNAS dari website BIG dan USGS, Citra Sentinel-2A Tahun 2020 dan 2024 dan Citra Landsat-8 L2 pada tahun 2015 dari website *copernicus data space ecosystem* ataupun dari pemograman dari *google earth engine*, data curah hujan tahun 2015 sampai 2024 dari Dinas PSDA Provinsi Lampung dan BMKG-Stasiun Kelas II Lampung Utara, Peta RBI (skala 1 : 25000) dari website BIG, data batas DAS Way Semaka dari BPDAS Way Seputih-Sekampung, Peta Geologi dari Balai Besar Pengujian Standar Instrumen Sumberdaya Lahan Pertanian (BSIPSDLP), Bogor, Jawa Barat, data klimatologi dari website *nasa power*.

3.5. Tahap Pengolahan Data

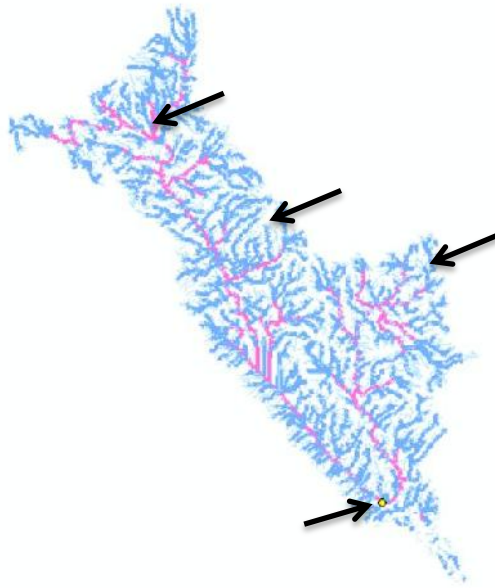
Pada tahap pengolahan data dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu tahap pengolahan pada *Microsoft Excel*, pengolahan pada *Google Earth Engine*, dan

pengolahan dengan *Software* Pengolah Data Spasial dan pemodelan *HEC-HMS*. Adapun tahapan pengolahan tersebut dijelaskan sebagai berikut.

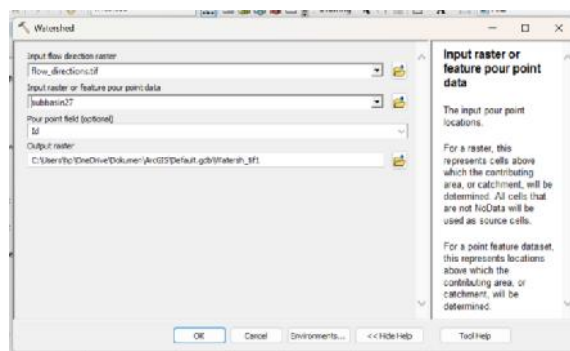
3.5.1. Deliniasi Batas Das

Deliniasi batas DAS adalah proses penentuan wilayah yang menjadi daerah tangkapan air suatu sungai dengan mengikuti punggung bukit atau batas topografi tertinggi. Proses ini dimulai dengan menentukan titik *outlet*, yaitu titik keluaran aliran yang menjadi acuan pembentukan DAS. Setelah itu dilakukan pengolahan DEM untuk mendapatkan arah aliran (*flow direction*) untuk menentukan ke mana air akan mengalir dari setiap sel elevasi. Langkah berikutnya adalah menghitung akumulasi aliran (*flow accumulation*) untuk mengidentifikasi jalur-jalur yang membentuk jaringan sungai. Berdasarkan data arah dan akumulasi aliran tersebut, sistem akan menghasilkan jaringan sungai otomatis yang kemudian digunakan untuk menarik batas DAS. Garis batas ini diperoleh dengan mengikuti punggung bukit yang memisahkan aliran permukaan menuju sungai lain.

Dalam praktiknya melalui *Software* Pengolah Data Spasial, seluruh proses tersebut dilakukan secara terstruktur mulai dari pengisian depresi pada DEM (*fill*), perhitungan arah aliran, akumulasi aliran, penentuan *outlet*, hingga menjalankan *watershed tool* untuk menghasilkan batas DAS final. Deliniasi ini sangat penting karena menentukan cakupan area yang benar-benar mempengaruhi debit sungai, sehingga digunakan dalam analisis hidrologi, model debit (*F.J. Mock*, *NRECA*, *HEC-HMS*), dan perubahan tutupan lahan.



Gambar 20. Penentuan titik *outlet* (keluaran air pada hilir sungai) DAS Way Semaka (titik warna kuning), sungai induk (merah muda), sungai utama (warna biru tua), sungai intermiten (warna biru muda)



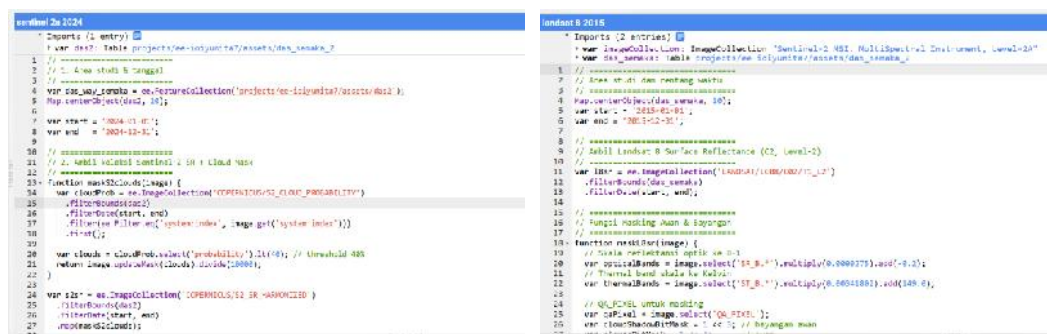
Gambar 21. Tampilan pengolahan *watershed*

3.5.2. Pengambilan Citra Pada *Google Earth Engine*

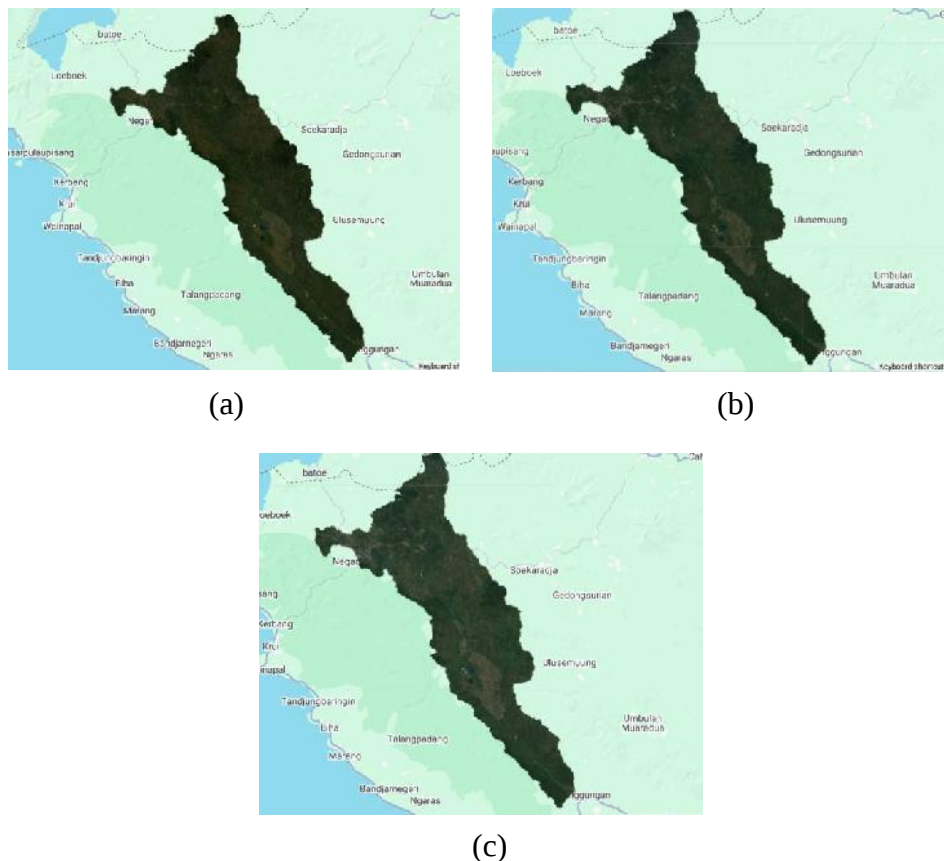
Pengambilan citra pada *Google Earth Engine* (GEE) untuk Sentinel-2A tahun 2020 dan 2024 dilakukan dengan memanggil koleksi data *COPERNICUS/S2* atau *COPERNICUS/S2_SR* (*Surface Reflectance*). Prosesnya dimulai dengan menentukan rentang waktu (misalnya 1 Januari-31 Desember 2020 dan 2024)

serta area of interest (AOI) berupa batas DAS atau wilayah studi. Setelah itu, citra difilter berdasarkan cakupan awan menggunakan parameter *CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE* agar hanya citra dengan tutupan awan rendah yang digunakan. Selanjutnya, dilakukan masking awan menggunakan band QA60 untuk menghilangkan piksel yang tertutup awan dan cirrus. Setelah citra bersih diperoleh, dilakukan proses *composite*, biasanya menggunakan *median composite* untuk menghasilkan citra representatif tahunan yang stabil dan bebas gangguan awan. Citra hasil *composite* kemudian dapat diekspor ke *Google Drive* atau digunakan langsung untuk klasifikasi tutupan lahan.

Untuk pengambilan citra Landsat-8 *Collection 2 Level-2* tahun 2015, *GEE* menyediakan koleksi *LANDSAT/LC08/C02/T1_L2* yang sudah mengandung nilai reflektansi permukaan (*Surface Reflectance*). Prosesnya serupa: menentukan AOI, memilih rentang waktu tahun 2015, dan memfilter citra berdasarkan persentase awan menggunakan band kualitas *QA_PIXEL*. Pada tahap ini, masking awan, bayangan awan, dan salju dilakukan menggunakan bitmask *QA_PIXEL* agar citra lebih bersih. Setelah itu dilakukan *median composite* untuk mendapatkan representasi citra tahunan yang konsisten. Citra Landsat-8 ini kemudian dapat dikombinasikan dengan Sentinel-2A untuk analisis multi-tahun, seperti deteksi perubahan tutupan lahan, perbandingan vegetasi, atau evaluasi perubahan kondisi DAS.



Gambar 22. Proses koreksi tutupan awan



Gambar 23. Citra landsat-8 L2 dan Citra sentinel-2A, (a) Tahun 2015, (b) Tahun 2020, (c) Tahun 2024

3.5.3. Pengolahan Peta Tutupan Lahan

Pengolahan peta tutupan lahan di *Software* Pengolah Data Spasial menggunakan metode *Random Forest* diawali dengan menyiapkan layer citra satelit yang akan diklasifikasi, yaitu citra landsat-8 level 2 untuk tahun 2015 dan citra sentinel-2A untuk tahun 2020 dan 2024, serta data *training sample* yang berisi kelas-kelas tutupan. Sebelum itu ditentukan terlebih dahulu jumlah titik sampel per kelas. Penentuan jumlah titik sampel dilakukan dengan menggunakan rumus yang berdasarkan dari peraturan Badan Informasi Geospasial (BIG) Nomor 3 tahun 2014 (BIG, 2014a). Setelah jumlah dan distribusi sampel ditetapkan, proses pelatihan metode *Random Forest* dilakukan dengan memasukkan parameter-parameter klasifikasi. Pada penelitian ini, parameter *Max Number of Trees* ditetapkan sebanyak 100 pohon, sedangkan parameter *Max Tree Depth* (kedalaman maksimum pohon) dan *Max Number of Samples Per Class* (jumlah

maksimum sampel per kelas) dibiarkan menggunakan nilai *default* yang disediakan oleh perangkat lunak. Pengaturan ini dipilih untuk menjaga proses klasifikasi tetap efisien, sekaligus memastikan bahwa model dapat mempelajari variasi spektral setiap kelas tutupan lahan secara optimal sehingga menghasilkan hasil klasifikasi yang akurat. Adapun penggunaan rumus dapat dilihat sebagai berikut.

$$A = TSM + \frac{luas}{1500}$$

$$A = 20 + \frac{92.547,87}{1500} = 81,69 \text{ yang di bulatkan menjadi } 82$$

Keterangan :

A = Jumlah sampel minimal

TSM = Total sampel minimal

Tabel 17. Jumlah titik sampel berdasarkan skala peta

Skala	Kelas Kerapatan	Minimal Plot	Total Sampel Minimal
1 : 25.000	5	30	50
1 : 50.000	3	20	30
1 : 250.000	2	10	20

Sumber : (Badan Informasi Geospasial, 2014)

Untuk penentuan kelas tutupan lahan pada penelitian ini didasarkan pada (Direktorat Perencanaan dan Evaluasi Pengendalian DAS., 2021). Berikut ini merupakan tabel klasifikasi tutupan lahan yang digunakan dan untuk penyetaraan kelas tutupan lahan dapat dilihat pada lampiran :

Tabel 18. Kelas penutup tutupan lahan

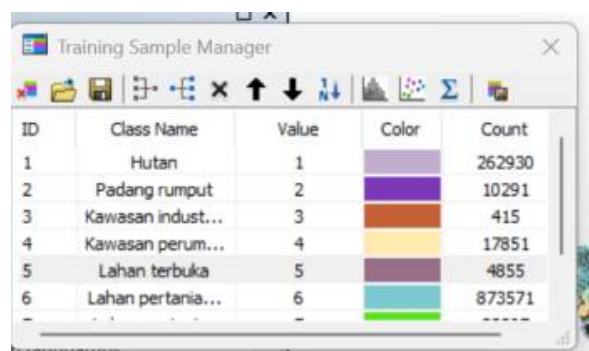
NO.	Kelas Tutupan Lahan	Kode
1.	Hutan	1
2.	Padang Rumput	2
3.	Kawasan Industri dan Perpakiran	

Tabel 18. Kelas penutup tutupan lahan

NO.	Kelas Tutupan Lahan	Kode
	Kedap Air	3
4.	Kawasan Perumahan	4
5.	Lahan Terbuka	5
6.	Lahan Pertanian Tertutup Tanaman	6
7.	Lahan Pertanian	7
8.	Tubuh Perairan	8

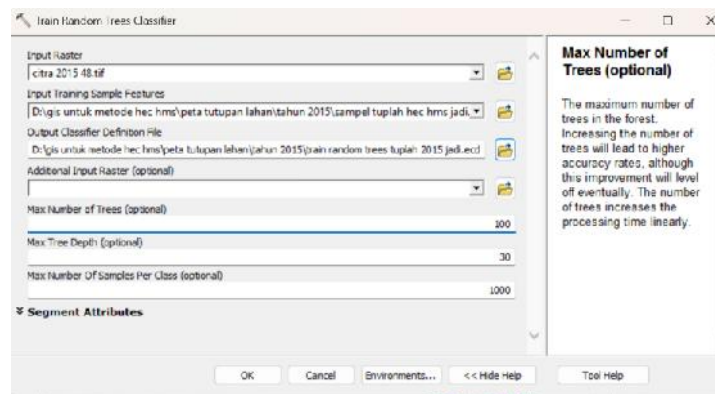
Sumber : (Direktorat Perencanaan dan Evaluasi Pengendalian DAS., 2021)

Training sample dibuat secara manual menggunakan *Editor* atau *Training Sample Manager*, di mana setiap poligon diberi label kelas tertentu. Setelah itu, seluruh band citra digabung dalam satu *layer multiband*. Pada tahap ini, data *training* digunakan sebagai dasar bagi *algoritma Random Forest* untuk mempelajari pola spektral setiap kelas tutupan lahan. Semakin lengkap dan representatif sampel yang diberikan, semakin baik akurasi model yang dihasilkan.



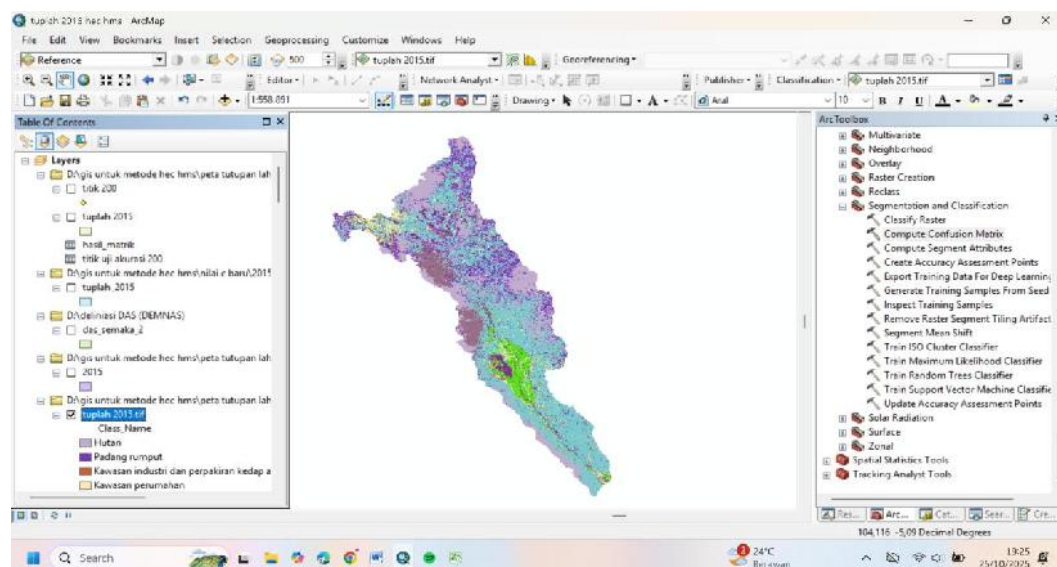
Gambar 24. Proses pengambilan sampel

Setelah *training sample* siap, proses klasifikasi dilakukan melalui *Image Classification Wizard* atau *Geoprocessing* kemudian *Train Random Trees Classifier*. *Random Forest* akan membangun banyak pohon keputusan (*decision trees*) dan menggabungkannya untuk menghasilkan klasifikasi yang lebih stabil dan kuat terhadap *noise*.



Gambar 25. Proses pengambilan sampel

Output dari proses ini berupa peta klasifikasi tutupan lahan yang menunjukkan distribusi setiap kelas pada area studi. Tahap akhir meliputi *post-processing* yaitu *reclass*, untuk memperbaiki hasil akhir, serta perhitungan akurasi melalui *confusion matrix* menggunakan data uji (*validation sample*).



Gambar 26. Tampilan pengolahan tutupan lahan pada Software Pengolah Data Spasial

Penentuan titik sampel yang akan digunakan dalam uji akurasi, dengan rumus sebagai berikut :

Rumus *Cochran* (Singh et al., 2011) :

$$n_o = \frac{Z^2 P(1-p)}{E^2}$$

$$n = \frac{n_o}{1 + \frac{n_o - 1}{N}} \dots\dots\dots (13)$$

Keterangan :

Tingkat kepercayaan = 95% → $Z = 1,96 \rightarrow Z^2 = 3,84$

$P = 0,85$ (variabel maksimum)

$E = 0,05 \rightarrow E^2 = 0,05^2 = 0,0025$ (*Margin of error*)

$N = 93975,3$ ha (luas Das Way Semaka dalam hektar)

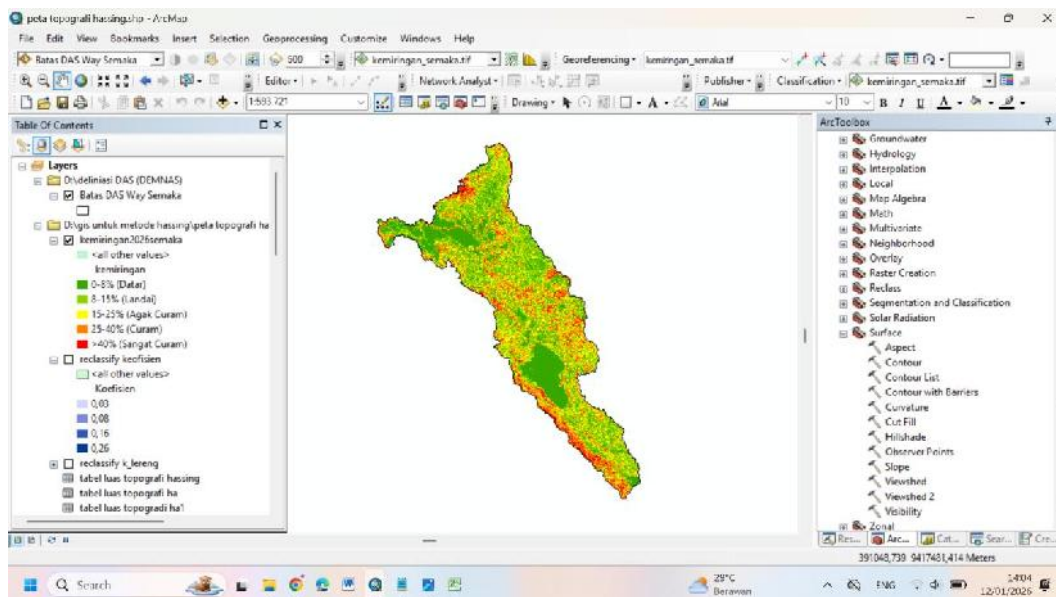
$$n_o = \frac{3,8418 \times 0,85 \times (1 - 0,85)}{0,0025} = 195,92$$

$$n = \frac{195,9216}{1 + \frac{195,9216 - 1}{93975,3}} = 195,51 \text{ titik}$$

Dibulatkan menjadi 200 titik setiap peta tutupan lahan.

3.5.4. Pengolahan Kemiringan Lereng

Pengolahan kemiringan lereng menggunakan DEM sangat penting dalam analisis hidrologi karena kemiringan lereng berpengaruh langsung terhadap kecepatan aliran permukaan dan besarnya debit sungai. Setelah slope dihitung melalui *tools Slope* di *Software* Pengolah Data Spasial, nilai kelerengan dapat digunakan untuk memahami seberapa cepat air hujan bergerak menuju saluran drainase. Lereng yang curam menyebabkan air mengalir lebih cepat, meningkatkan *runoff* dan potensi debit puncak yang lebih tinggi, sedangkan lereng datar cenderung memperlambat aliran sehingga meningkatkan infiltrasi dan mengurangi debit langsung. Dengan mengklasifikasikan kemiringan ke dalam kelas-kelas tertentu (datar, landai, curam), analisis hidrologi dapat lebih akurat dalam memodelkan respon DAS terhadap hujan, memprediksi banjir, menghitung koefisien aliran, hingga mengkalibrasi model hidrologi seperti *HEC-HMS*, *F.J. Mock* atau *NRECA*. Peta kemiringan lereng ini menjadi dasar penting untuk menilai karakteristik fisik DAS yang memengaruhi dinamika aliran dan pembentukan debit sungai.



Gambar 27. Tampilan pengolahan kemiringan lereng pada *Software* Pengolah Data Spasial

3.5.5. Pengolahan Data Curah Hujan

3.5.5.1. Uji konsistensi Data

Pengolahan uji konsistensi data dengan kurva massa ganda dilakukan untuk memastikan bahwa data hidrologi seperti curah hujan atau debit memiliki pola yang stabil dan tidak mengalami perubahan sistematis akibat perpindahan alat, perubahan lingkungan, atau kesalahan pencatatan. Proses ini dilakukan dengan menjumlahkan data secara kumulatif dan memplotnya terhadap data pembanding (misalnya stasiun tetangga) yang juga dijumlahkan secara kumulatif. Jika grafik menghasilkan garis lurus, maka data konsisten, namun apabila terdapat perubahan kemiringan garis (*break point*), berarti terjadi ketidakkonsistenan pada periode tertentu. Pada kondisi demikian, data perlu diperbaiki dengan mengoreksi bagian yang menyimpang menggunakan faktor penyesuaian sesuai kemiringan garis sebelum dan sesudah perubahan (**menggunakan rumus 4**). Metode ini penting dalam hidrologi karena kualitas data yang konsisten akan menghasilkan

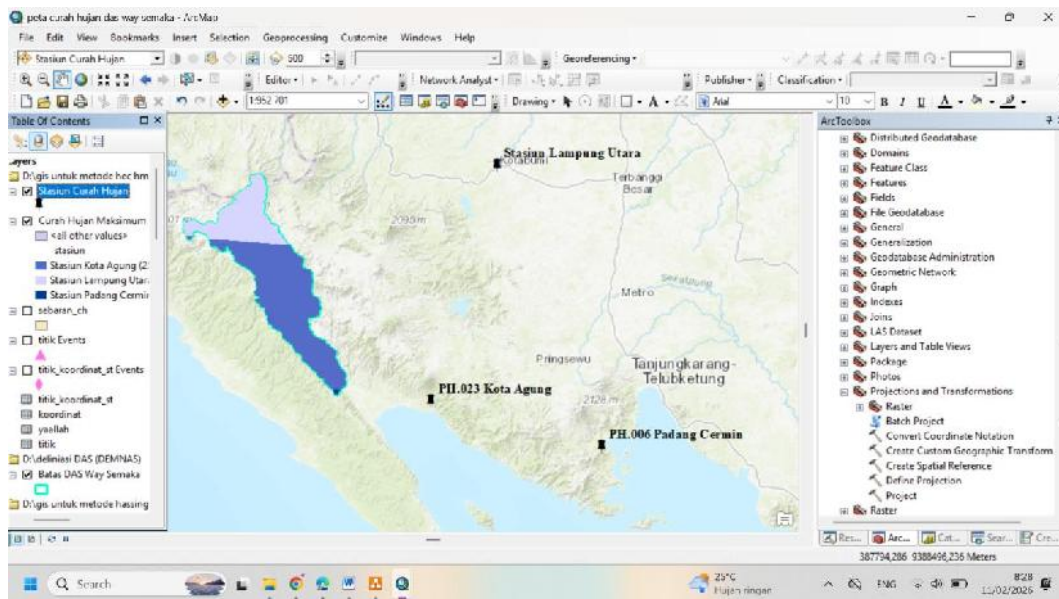
perhitungan debit, hujan efektif, dan pemodelan hidrologi yang lebih akurat serta dapat diandalkan.

3.5.5.2. Curah Hujan Rerata Daerah

Perhitungan curah hujan rata-rata daerah dengan Poligon *Thiessen* dilakukan dengan membagi wilayah menjadi beberapa bagian berdasarkan kedekatan tiap area dengan stasiun hujan terdekat. Setiap stasiun hujan akan memiliki satu poligon atau area pengaruh, dan curah hujan pada area tersebut dianggap sama dengan nilai curah hujan stasiunnya. Setelah poligon dibuat, luas masing-masing area dihitung, lalu nilai curah hujan rata-rata diperoleh dengan cara mengalikan curah hujan stasiun dengan luas poligonnnya, kemudian semua hasilnya dijumlahkan dan dibagi dengan total luas wilayah (**menggunakan rumus 6**). Metode ini lebih akurat daripada rata-rata biasa karena memperhitungkan posisi dan penyebaran stasiun hujan, sehingga hasilnya lebih menggambarkan kondisi curah hujan sebenarnya pada suatu daerah.

3.5.6. Pengolahan Peta Curah Hujan

Pengolahan peta curah hujan dengan metode Poligon *Thiessen* di *Software* Pengolah Data Spasial dilakukan dengan memanfaatkan titik lokasi stasiun hujan sebagai dasar pembentukan area pengaruh. Langkahnya dimulai dengan memasukkan data titik stasiun hujan lengkap dengan nilai curah hujannya, kemudian menggunakan *tool Create Thiessen Polygons* untuk membuat batas wilayah terdekat dari setiap stasiun. Hasil poligon ini menunjukkan area yang diasumsikan memiliki curah hujan mewakili stasiun tersebut. Setelah poligon terbentuk, setiap poligon diberi atribut curah hujan sesuai nilai stasiun yang bersangkutan, lalu dilakukan perhitungan luas untuk mengetahui kontribusi area masing-masing. Peta ini memungkinkan analisis curah hujan secara spasial dan membantu menghitung curah hujan rata-rata wilayah berdasarkan luas poligon, sehingga hasilnya lebih akurat dan sesuai dengan sebaran stasiun hujan di lapangan.



Gambar 28. Tampilan pengolahan sebaran curah hujan pada *Software* Pengolah Data Spasial

3.5.7. Perhitungan Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah proses kehilangan air dari permukaan bumi ke atmosfer melalui evaporasi (penguapan dari tanah dan permukaan air) dan transpirasi (penguapan melalui tanaman). Dalam hidrologi, evapotranspirasi dibedakan menjadi dua jenis, yaitu evapotranspirasi potensial (ET_0) dan evapotranspirasi aktual (ET_a). Evapotranspirasi potensial adalah jumlah maksimum air yang bisa diuapkan apabila tersedia pasokan air yang cukup, sehingga nilainya dipengaruhi terutama oleh kondisi iklim seperti suhu udara, radiasi matahari, kelembaban, dan kecepatan angin. ET_0 menggambarkan kemampuan atmosfer menguapkan air, bukan jumlah air yang benar-benar hilang. Sementara itu, evapotranspirasi aktual adalah jumlah air yang benar-benar diuapkan dan ditranspirasikan oleh tanaman di lapangan, sehingga bergantung pada ketersediaan air tanah, jenis tanaman, kondisi tanah, dan fase pertumbuhan tanaman. ET_a selalu lebih kecil atau sama dengan ET_0 karena sering kali pasokan air tidak mencukupi kebutuhan penguapan maksimal. Pemahaman kedua jenis evapotranspirasi ini sangat penting dalam

analisis hidrologi, perhitungan neraca air, serta pemodelan debit pada daerah aliran sungai, untuk perhitungannya menggunakan **rumus 7** dan **8**. Dibawah ini contoh perhitungan Evapotranspirasi Potensial untuk bulan Januari tahun 2015 pada Stasiun Kota Agung. Untuk data nya dapat dilihat pada **Lampiran 6** Pada persamaan (7) pada **Bab II** ETo Potensial dihitung dengan :

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(Rn-G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1+0.34u_2)}$$

Berikut merupakan contoh perhitungan ETo berdasarkan data *Nasa Power* pada bulan Januari Tahun 2015 Stasiun Kota Agung untuk data pada **Lampiran 6**.

1. Menghitung tekanan uap jenuh (e_s) pada T_{max} dan T_{min}

$$e_s = 0,6108 \times \exp\left(\frac{17,27 \times T}{T+273,3}\right)$$

$$\text{Untuk } T_{maksimal} \quad e_s = 0,6108 \times \exp\left(\frac{17,27 \times 29,16}{29,16+273,3}\right) = 4,04 \text{ kPa}$$

$$\text{Untuk } T_{minimal} \quad e_s = 0,6108 \times \exp\left(\frac{17,27 \times 22,45}{22,45+273,3}\right) = 2,71 \text{ kPa}$$

$$\text{Maka untuk } e_s \text{ rata-rata} = \frac{e_{s(\text{maksimal})}}{e_{s(\text{minimal})}} = \frac{4,04}{2,71} = 3,38 \text{ kPa}$$

2. Menghitung tekanan uap aktual (e_a)

$$e_a = e_s \times \frac{RH}{100} = 3,38 \times \frac{84,82}{100} = 2,86 \text{ kPa}$$

3. Menghitung *slope* kurva tekanan uap (Δ)

$$\Delta = \frac{4098 \times e_s \times (T_{\text{mean}})}{(T_{\text{mean}}+237,3)^2} = \frac{4098 \times 3,38 \times 25,805}{(25,805+237,3)^2} = 5,16 \text{ kPa}/^\circ\text{C}$$

4. Menghitung tekanan atmosfer dari elevasi (P)

$$z(\text{elevasi}) = 230 \text{ mdpl}$$

$$P = 101,3 \times \left(\frac{293-(0,0065 \times z)}{293}\right)^{5,26} = 101,3 \times \left(\frac{293-(0,0065 \times 230)}{293}\right)^{5,26} = 98,61 \text{ kPa}/^\circ\text{C}$$

$$\text{Maka untuk nilai } \gamma = 0,0000665 \times 98,61 = 0,06 \text{ kPa}/^\circ\text{C}$$

5. Menghitung Radiasi ekstrasferial (R_a)

$$R_a = \frac{24 \times 60}{\pi} \times G_{sc} \times d_r \times (w_s \times \sin \varphi \times \sin \delta + \cos \varphi \times \cos \delta \times \sin w_s)$$

$$G_{sc} = 0,082 \text{ MJm}^2\text{min}^{-1}$$

$$d_r = 1 + 0,033 \cos\left(\frac{2\pi n}{365}\right) = 1 + 0,033 \cos\left(\frac{2 \times 3,14 \times 15}{365}\right) = 1,03 \text{ radian}$$

Untuk nilai n setiap bulan dapat dilihat dari Tabel berikut :

Tabel 19. Nilai N Setiap Bulan

Bulan	n
Januari	15
Februari	46
Maret	75
April	105
Mei	135
Juni	166
Juli	196
Agustus	227
September	258
Oktober	288
November	319
Desember	349

Sumber : Hasil Perhitungan

Menghitung sudut deklinasi matahari (δ)

$$\delta = 0,409 \times \sin\left(\frac{2\pi n}{365}\right) - 1,39 = 0,409 \times \sin\left(\frac{2 \times 3,14 \times 15}{365}\right) - 1,39 = -0,37 \text{ radian}$$

Menghitung sudut jam matahari

$$ws = \arccos(-\tan\phi \tan\delta) = \arccos\left(-\tan\left(-5,48 \times \frac{3,14}{180^\circ}\right) \times (\tan(-0,370216))\right) = 1,60 \text{ radian}$$

Menghitung faktor geometri radiasi matahari

$$(w_s \times \sin\phi \times \sin\delta + \cos\phi \times \cos\delta \times \sin w_s) = (1,5714 \times \sin(-0,09) \times \sin(-0,37) + \cos(-0,09) \times \cos(-0,37) \times \sin(1,60)) = 0,68 \text{ radian}$$

$$R_a = \frac{24 \times 60}{3,14} \times 0,082 \times 1,03 \times 0,68 = 26,74 \text{ MJm}^{-2}\text{hari}^{-1}$$

6. Menghitung radiasi matahari langit cerah (R_{so})

$$R_{so} = (0,75 + 2 \times 10^{-5} \times z) R_a = (0,75 + 2 \times 10^{-5} \times 230) \times 26,74 =$$

$$20,18 \text{ MJm}^{-2}\text{hari}^{-1}$$

$$z(\text{elevasi}) = 230 \text{ mdpl}$$

7. Menghitung radiasi gelombang netto (R_{nl})

$$R_{nl} = \sigma \frac{(T_{\max,K}^4 + T_{\min,K}^4)}{2} \times (0,34 - 0,14\sqrt{e_a}) \times (1,35 \times \frac{R_s}{R_{so}} - 0,35)$$

$$T_{\max,K}^4 = (29,16 + 273,16)^4 = 8353481510 \text{ K}$$

$$T_{\min,K}^4 = (22,45 + 273,16)^4 = 7636185780 \text{ K}$$

$$\sigma = 0,000000004903$$

$$R_{nl} =$$

$$0,000000004903 \times \frac{(8353481510 + 7636185780)}{2} \times (0,34 - 0,14\sqrt{2,866996007}) \times (1,35 \times \frac{17,59716}{20,1803} - 0,35) = 3,33 \text{ MJm}^{-2}\text{hari}^{-1}$$

8. Menghitung radiasi netto R_n

$$R_n = R_{ns} - R_{nl}$$

$$R_{ns} = (1 - 0,23) R_s = (1 - 0,23) \times 17,59716 = 13,54 \text{ MJm}^{-2}\text{hari}^{-1}$$

$$R_n = 13,54 - 3,33 = 10,21 \text{ MJm}^{-2}\text{hari}^{-1}$$

9. Menghitung ETo Potensial

$$ETo = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} =$$

$$\frac{0,408 \times 5,16 \times (10,21 - 0) + 0,06 \times \frac{900}{24,93 + 273} \times 2,6(3,38 - 2,86)}{5,16 + 0,065(1 + 0,34 \times 2,6)} = 4,29 \frac{\text{mm}}{\text{day}}$$

Untuk hasil perhitungan di setiap Stasiun dapat dilihat pada Tabel 38-44 pada **BAB IV** dan untuk data klimatologi ada pada lampiran 4, 5, dan 6 :

3.5.8. Perhitungan Transformasi Hujan-Debit

3.5.8.1. Metode *F.J. Mock*

Metode F.J. Mock adalah metode neraca air sederhana yang digunakan untuk memperkirakan debit sungai berdasarkan data iklim bulanan, terutama curah hujan, evapotranspirasi, suhu, dan karakteristik fisik DAS. Metode ini bekerja

dengan menghitung ketersediaan air efektif melalui beberapa tahapan, yaitu menghitung hujan efektif, evapotranspirasi aktual, kapasitas simpanan tanah (*soil moisture storage*), perubahan simpanan air tanah (*groundwater storage*), serta aliran dasar (*baseflow*) dan aliran permukaan (*runoff*). *Mock* menggunakan konsep bahwa sebagian air hujan akan mengisi kelembaban tanah terlebih dahulu, sebagian hilang sebagai evapotranspirasi, dan sisanya menjadi limpasan yang membentuk debit sungai. Metode ini juga memasukkan parameter seperti koefisien infiltrasi, kapasitas simpanan tanah (*SMC*), koefisien aliran dasar (*k*), dan faktor geologi untuk menggambarkan kondisi fisik DAS. Karena sifatnya yang sederhana, *F.J. Mock* banyak dipakai untuk kajian awal hidrologi, estimasi debit bulanan, dan simulasi debit pada DAS dengan data terbatas, namun tetap mampu memberikan hasil yang cukup representative, untuk perhitungannya menggunakan rumus pada rumus di **BAB II halaman**.

Parameter yang digunakan dalam perhitungan Metode *F.J. Mock* adalah sebagai berikut :

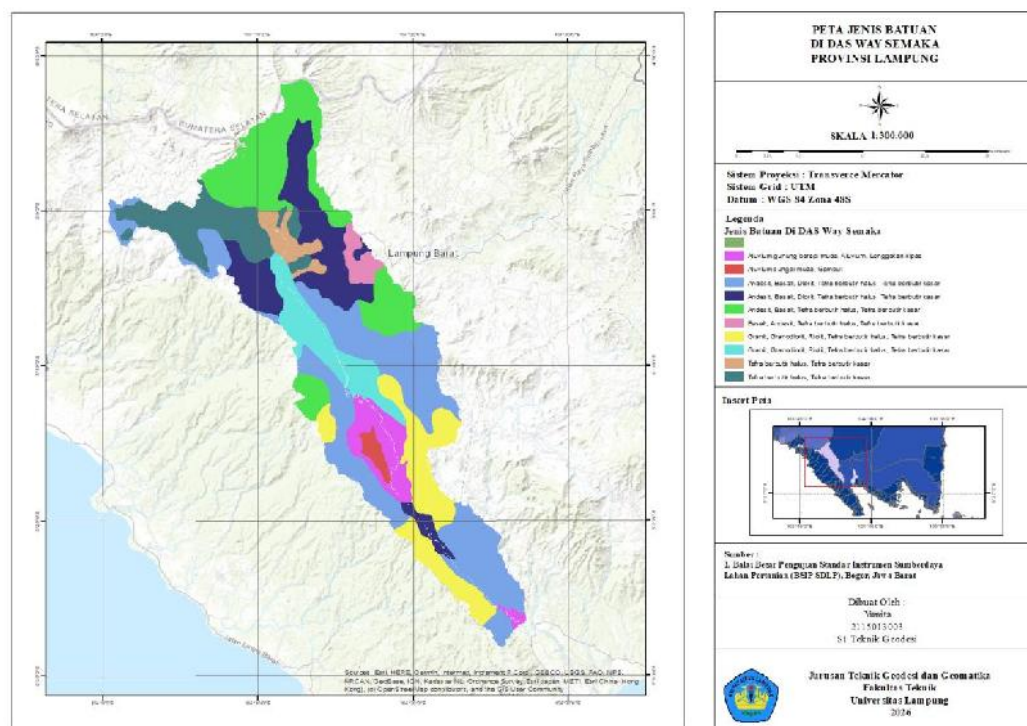
Tabel 20. Parameter Metode *F.J. Mock*

NO.	Parameter	Metode <i>F.J. Mock</i>	Keterangan
1.	CA(km ²)	925,48 (Analisis di <i>Software</i> Pengolah Data Spasial)	Data
2.	m(%)	50% (Kementerian PUPR, Ditjen SDA., 2013)	Berdasarkan analisis tutupan lahan daerah studi yang merupakan dominan dengan lahan pertanian tertutup tanaman dengan nilai nilai m minimum,

Tabel 20. Parameter Metode *F.J. Mock* (Lanjutan)

NO.	Parameter	Metode <i>F.J. Mock</i>	Keterangan
			m=30%-50%
3.	SMC	$SMC = 100 + 0,2 \times$ hujan rerata tahunan $SMC = 100 + 0,2 \times$ 647,54 mm $SMC = 229,50 \text{ mm}$	Hasil perhitungan dengan data curah hujan rerata tahunan
4.	i	0,7 (Kementerian PUPR, Ditjen SDA., 2013)	Hasil analisis dari batuan penyusun di DAS Way Semaka.
5.	k	0,05 (Kementerian PUPR, Ditjen SDA., 2013)	Hasil analisa dari batuan penyusun di DAS Way Semaka dan melalui literatur.
6.	IS	100 mm (Kementerian PUPR, Ditjen SDA., 2013)	Nilai asumsi untuk daerah penelitian berdasarkan literature.

Untuk parameter i(koefisien infiltrasi) pada DAS Way Semaka dapat didapatkan dari analisis batuan penyusun pada DAS Way Semaka itu sendiri, untuk hasilnya sebagai berikut :



Gambar 29. Peta Geologi DAS Way Semaka

Dari hasil analisis Peta Jenis Batuan, batuan penyusun yang paling banyak di DAS Way Semaka adalah andesit, basalt, dan tufa, jenis ini merupakan batuan vulkanik beku yang umum di daerah pegunungan (Lampung Barat). Dari hasil analisis tersebut dapat di simpulkan memiliki karakter sedang-kasar, banyak rekahan, dan infiltrasi sedang. Untuk koefisien infiltrasi ini parameternya berkisar dari 0-1, semakin besar nilai koefisien infiltrasi maka semakin besar juga infiltrasinya, sehingga dapat disimpulkan koefisien infiltrasi di DAS Way Semaka adalah 0,7.

Untuk parameter k (faktor resesi aliran air tanah) jika ditinjau dari batuan penyusun DAS Way Semaka yang dominan adalah andesit, basalt, tufa, alluvium dan granat/granodiorit. Untuk faktor resesi aliran air tanah ini koefisien berkisar 0,001-0,2 (Kementerian PUPR, Ditjen SDA., 2013). Sehingga dapat disimpulkan nilai koefisiennya adalah 0,01-0,05. Untuk perhitungan Metode *F.J. Mock* dari data curah hujan ke debit pada tahun 2015-2024, diambil contoh perhitungan untuk tahun 2015 bulan januari, 10 hari pertama (Januari 1).

Untuk perhitungannya sebagai berikut ini :

1. Data Hujan

$$\text{Curah hujan (P)} = 80 \frac{\text{mm}}{10} \text{ hari}$$

$$\text{Hari hujan(h)} = 5 \text{ hari}$$

2. Evapotranspirasi Terbatas (E_t)

$$\text{Evapotranspirasi potensial (ET}_o\text{)} = 42,83 \frac{\text{mm}}{10} \text{ hari}$$

$$\text{Faktor karakteristik hidrologi bukaan lahan (m)} = 50\%$$

$$E = (ET_o) \times \frac{m}{20} \times (18 - h) = (42,83) \times \frac{50}{20} \times (18 - 5) = 13,92 \frac{\text{mm}}{10} \text{ hari}$$

$$ET = (ET_o) - (E) = (42,83) - (13,92) = 28,91 \frac{\text{mm}}{10} \text{ hari}$$

3. Keseimbangan air (WS)

$$D_s = P - E_t = 80 - 28,91 = 51,09 \frac{\text{mm}}{10} \text{ hari}$$

Kandungan air tanah (SM) = Nilai ini bergantung pada nilai D_s , jika nilai D_s bernilai positif maka nilai (SM) bernilai 0 mm/10hari, tetapi kalau nilai D_s bernilai negative, maka nilai (SM) bernilai negatif sesuai nilai D_s .

$$\text{Kapasitas kelembapan nilai tanah SMC} = 100 + 0,2 \times \text{hujan rerata tahunan}$$

$$\text{SMC} = 100 + 0,2 \times 163,93 = 132,78 \frac{\text{mm}}{10} \text{ hari}$$

$$\text{Kelebihan air (WS)} = (D_s) - (SM) = (51,09) - (0) = 51,09 \frac{\text{mm}}{10} \text{ hari}$$

4. Aliran dan penyimpanan air tanah

$$\text{Infiltrasi } I = (WS) \times 0,7 = 35,77 \frac{\text{mm}}{10} \text{ hari}$$

$$\text{Hitungan 1} \rightarrow 0,5 \times (1 + k) \times I = 0,5 \times (1 + 0,05) \times 35,77 = 18,78$$

$$\text{Hitungan 2} \rightarrow k \times V(N - 1) = 0,05 \times 100 = 5$$

$$\text{Volume penyimpanan } V_n = (\text{Hitungan 1}) + (\text{Hitungan 2}) = 18,78 + 5 = 23,78 \frac{\text{mm}}{10} \text{ hari}$$

$$\text{Perubahan volume air } DV_n = V_n - V(n - 1) = 23,78 - 100 = -76,22 \frac{\text{mm}}{10} \text{ hari}$$

Aliran dasar

$$(\text{Base Flow}) = (I) - (DV_n) = 35,77 - (-76,22) = 111,99 \frac{\text{mm}}{10} \text{ hari}$$

$$\text{Aliran langsung (DR)} = (WS) - (I) = 51,09 - 35,77 = 15,33 \frac{\text{mm}}{10} \text{ hari}$$

$$\text{Aliran (R)} = (\text{BF}) + (\text{DR}) = 111,99 + 15,33 = 127,32 \frac{\text{mm}}{10} \text{ hari}$$

5. Debit aliran sungai

$$\text{Debit aliran sungai} = \frac{\text{Luas DAS} \times \text{Aliran} \times 1000}{86400 \times \text{jumlah hari}} = \frac{925,48 \times 127,32 \times 1000}{86400 \times 10} = 136,37 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Untuk perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 45 dan 46 **BAB IV**, dan untuk perhitungan tahun selanjutnya dapat dilihat pada **lampiran 7**.

3.5.8.2. Metode NRECA

Metode *NRECA* (*National Rural Electric Cooperative Association*) adalah metode simulasi hidrologi sederhana yang digunakan untuk memperkirakan debit sungai harian atau bulanan berdasarkan neraca air di suatu DAS dengan mempertimbangkan kondisi iklim dan karakteristik fisik wilayah. Metode ini memisahkan aliran menjadi *baseflow* dan *direct runoff*, dengan menghitung terlebih dahulu hujan efektif, evapotranspirasi aktual, dan perubahan simpanan air tanah. *NRECA* menggunakan beberapa parameter utama seperti tampungan kelengasan tanah awal (*IMS*), tampungan tanah awal (*IGWS*), karakteristik tanah permukaan (*PSUB*), karakteristik lapisan tanah dalam (*GWF*), dan koefisien reduksi. Setiap bulan atau hari, nilai kelembaban tanah diperbarui sesuai curah hujan dan evapotranspirasi, sehingga metode ini mampu menggambarkan respon DAS secara dinamis terhadap kondisi iklim. Karena struktur perhitungannya yang teratur dan lebih rinci dibandingkan *F.J. Mock*, metode *NRECA* banyak digunakan dalam analisis debit, perencanaan sumber daya air, serta simulasi hidrologi pada DAS dengan ketersediaan data terbatas namun memerlukan hasil perhitungan yang lebih stabil, untuk perhitungannya menggunakan rumus pada **BAB II halaman**. Parameter yang digunakan dalam perhitungan Metode *NRECA* adalah sebagai berikut :

Tabel 21. Parameter Perhitungan Metode *NRECA*

NO.	Parameter	Satuan	Metode <i>NRECA</i>	Keterangan
			925,48	
1.	CA(A)	km ²	(Analisis <i>Software</i> Pengolah Data)	Data

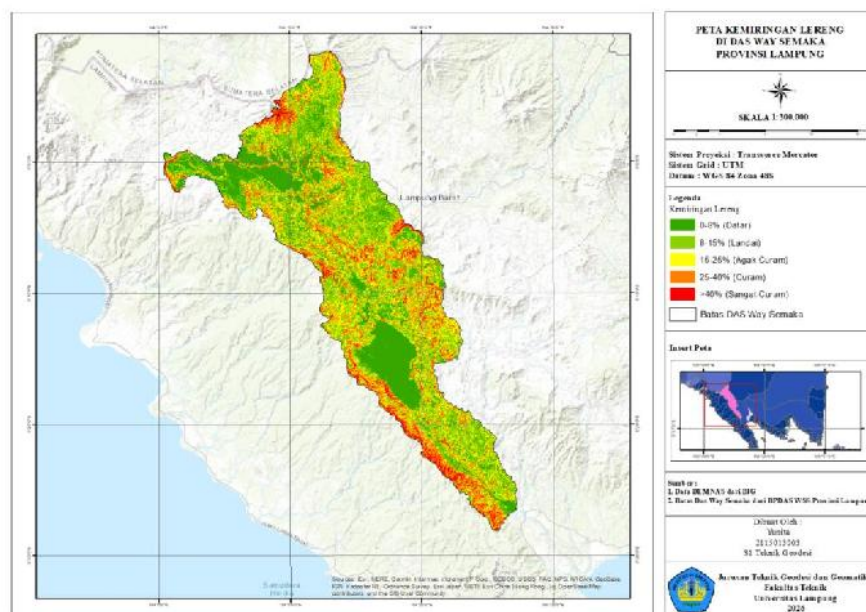
Tabel 21. Parameter Perhitungan Metode *NRECA* (Lanjutan)

NO.	Parameter	Satuan	Metode <i>NRECA</i>	Keterangan
Spasial)				
2.	Tampungan kelengasan tanah awal (<i>IMS</i>)	mm	345 (Analisis) dan (Kementerian PUPR, Ditjen SDA., 2013)	Nilai coba-coba, selisih <i>IMS</i> bulan pertama perhitungan tidak boleh lebih dari 200 mm dari <i>IMS</i> bulan terakhir pada tahun terakhir perhitungan.
3.	Tampungan air tanah awal (<i>IGWS</i>)	mm	2 (Kementerian PUPR, Ditjen SDA., 2013)	Berdasarkan literatur tampungan air tanah awal yang harus dicoba-coba dengan nilai awal 2 mm.
4.	Karakteristik tanah permukaan (<i>PSUB</i>)	-	0,6 (Kementerian PUPR, Ditjen SDA., 2013)	Hasil analisis dari batuan penyusun di DAS Way Semaka
5.	Karakteristik lapisan tanah dalam(<i>GWF</i>)	-	0,4 (Kementerian PUPR, Ditjen SDA., 2013)	Hasil analisis dari batuan penyusun di DAS Way Semaka
6.	Hujan tahunan(<i>Ra</i>)	mm	648	Hujan tahunan
7.	Luas permukaan tampungan DAS Way	km ²	347,401 (Analisis <i>Software</i> Pengolah Data Spasial)	Luas aliran DAS Way Semaka yang merupakan hasil analisis di <i>Software</i> Pengolah Data Spasial.

Tabel 21. Parameter Perhitungan Metode *NRECA* (Lanjutan)

NO.	Parameter	Satuan	Metode <i>NRECA</i>	Keterangan
Semaka (A_{klg})				
8.	Koefisien reduksi	-	0,9 (Kementerian PUPR, Ditjen SDA., 2013)	Berdasarkan kemiringan lahan daerah studi.

Untuk karakteristik tanah permukaan (*PSUB*) memiliki yang nilainya 0,3 untuk tanah kedap air dan 0,9 untuk tanah lulus air, dan karakteristik lapisan tanah dalam (*GWF*) memiliki nilai 0,8 untuk tanah kedap air dan 0,2 untuk tanah lulus air. Berdasarkan peta geologi, sebagian besar wilayah DAS Way Semaka tersusun oleh batuan vulkanik berupa breksi, tufa, dan tefra yang telah mengalami pelapukan. Jenis batuan ini memiliki permeabilitas sedang hingga tinggi, sehingga nilai parameter *PSUB* dan *GWF* ditetapkan masing-masing sebesar 0,60 dan 0,40. Nilai ini merepresentasikan kondisi infiltrasi tanah yang cukup baik serta kontribusi aliran dasar yang moderat. Untuk koefisien reduksi ditetapkan 0,9, dikarenakan DAS Way Semaka terletak di kemiringan 0-50 m/km, berikut Peta Kemiringan di DAS Way Semaka.



Gambar 30. Peta Kemiringan Lereng Di DAS Way Semaka

Tabel 22. Koefisien Reduksi Penguapan Peluh

Kemiringan (m/Km)	Koefisien Reduksi
0 - 50	0,9
51 - 100	0,8
101 - 200	0,6
>200	0,4

Sumber : (Kementerian PUPR, Ditjen SDA., 2013)

Untuk perhitungan Metode *NRECA* dari data curah hujan ke debit pada tahun 2015-2024, diambil contoh perhitungan untuk tahun 2015 bulan januari, 10 hari pertama (Januari 1). Untuk perhitungannya sebagai berikut ini :

1. Jumlah hari (10 harian) = 10

2. Curah hujan dalam 10 hari pertama = $80,00 \frac{\text{mm}}{10}$ hari

3. Evapotranspirasi potensial = $42,81 \frac{\text{mm}}{10}$ hari

4. Tampungang kelengasan tanah awal (mm) = 345 mm

5. Tampungang kelengasan tanah = $\frac{\text{Tampungang kelengasan tanah awal}}{100+0,2 \times 648} = \frac{345}{100+0,2 \times 648} = 1,50 \text{ mm}$

6. Rasio = $\frac{\text{Curah hujan 10harian}}{ET_o} = \frac{80,00}{42,81} = 1,86$

7. Rasio= 1,

= $0,25 \times 1,503 = 0,37$ (tampungang kelengasan tanah<0,5)

= $0,25 + (0,5 \times 1,503) = 1,0015$ (tampungang kelengasan tanah<=1)

Karena nilai dari tampungang kelengasan tanah lebih dari satu yaitu 1,0015, maka nilai Rasio =1, jika nilainya dari kedua hitungan tidak ada yang lebih dari satu, maka di ambil nilai terbesar dari kedua hitungan tersebut.

8. Evapotranspirasi aktual (AET)

$AET = \left(\frac{\text{Curah hujan 10harian}}{ET_o} \right) \times ET_o \times \text{koefisien reduksi} = 1,86 \times 42,81 \times 0,9 = 38,53 \frac{\text{mm}}{10}$ hari

9. Neraca air = $\left(\frac{\text{Curah hujan 10harian}}{AET} \right) = \frac{80,00}{38,53} = 41,46 \frac{\text{mm}}{10}$ hari

10. Rasio kelebihan kelengasan

$$= (0,0762 \times (\text{Tampungan kelengasan tanah})^2) + (0,4131 \times \text{Tampungan kelengasan}) = (0,0762 \times (1,503)^2) + (0,4131 \times 1,503) = 0,79, \text{ nilai ini juga bergantung pada nilai neraca air, jika neraca air bernilai positif(+)} \text{ maka hasil dari nilai rasio kelebihan kelengasan adalah } 0,79, \text{ jika neraca air bernilai negatif(-), maka nilai dari rasio kelebihan kelengasan } = 0$$

11. Kelebihan kelengasan = neraca air $\times$ rasio kelebihan kelengasan = $41,467 \times 0,79 = 32,89 \frac{\text{mm}}{10} \text{ hari}$

12. Perubahan tampungan = neraca air $-$ rasio kelebihan kelengasan = $41,467 - 0,79 = 8,57 \frac{\text{mm}}{10} \text{ hari}$

13. Tampungan air tanah = Kelebihan kelengasan $\times$ *PSUB* = $32,89 \times 0,6 = 19,73 \frac{\text{mm}}{10} \text{ hari}$

14. Tampungan air tanah awal = 2 (berdasarkan literatur)

15. Tampungan air tanah akhir

$$= \text{Tampungan air tanah} + \text{Tampungan air tanah awal} = 19,734 + 2 = 21,73 \frac{\text{mm}}{10} \text{ hari}$$

16. Aliran air tanah = Tampungan air tanah akhir $\times$ GWF = $21,734 \times 0,4 = 8,69 \frac{\text{mm}}{10} \text{ hari}$

17. Limpasan langsung = Kelebihan kelengasan $-$ Tampungan air tanah = $32,890 - 19,734 = 13,15 \frac{\text{mm}}{10} \text{ hari}$

18. Limpasan total = Limpasan langsung + Aliran air tanah = $13,156 + 8,694 = 21,85 \frac{\text{mm}}{10} \text{ hari}$

19. Limpasan total

$$(\text{Aliran masuk berdasarkan luas DTA}) = \frac{\text{Limpasan total} \times A \times 1000}{\text{jumlah hari} \times 86400} = \frac{21,850 \times 925,48}{10 \times 86400} =$$

$$23,40 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (dalam 10 hari)}$$

20. Aliran langsung masuk

$$= \frac{1000 \times A_{\text{klg}} \times \text{curah hujan 10 harian}}{\text{jumlah hari} \times 86400} = \frac{1000 \times 347,401 \times 80,00}{10 \times 86499} = 32,16 \text{ m}^3/\text{s}$$

21. Total aliran masuk tampungan

$$= \text{Aliran langsung masuk} + \text{Aliran masuk berdasarkan luas DTA} = 32,16 + 23,40 = 55,57 \text{ m}^3/\text{s}$$

Untuk perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 47-50, dan untuk perhitungan tahun selanjutnya dapat dilihat pada **lampiran 8**.

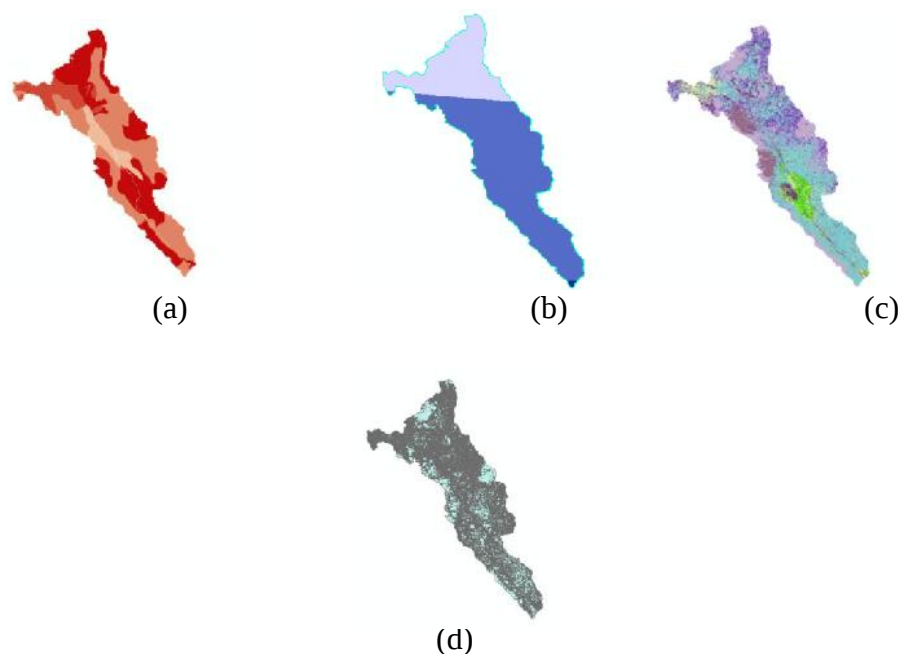
3.5.9. Limpasan Permukaan

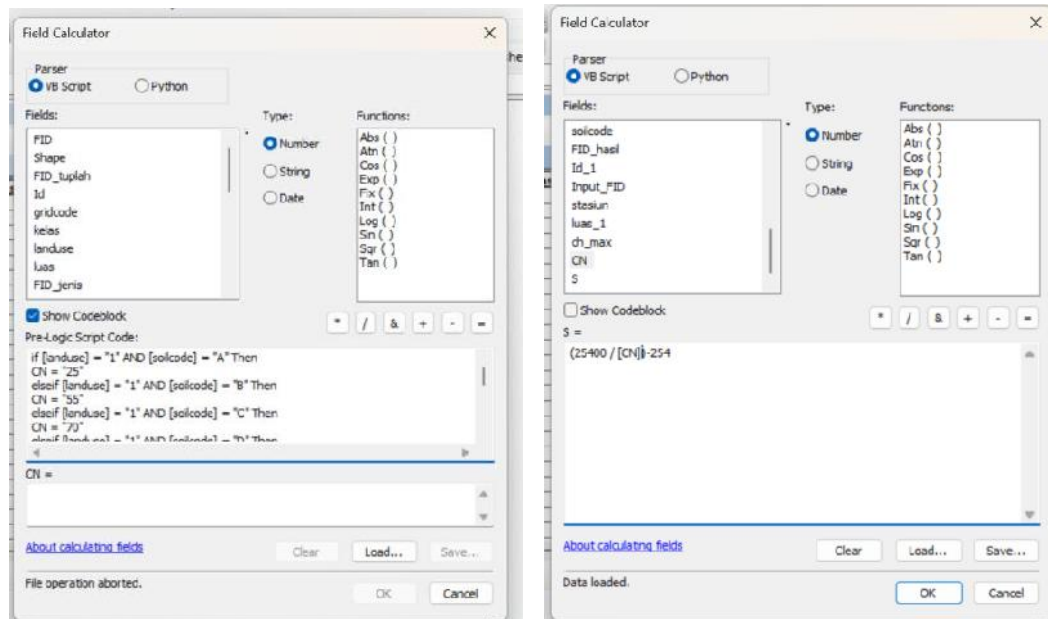
Limpasan permukaan (*runoff*) menggunakan metode *SCS Curve Number (SCS-CN)* adalah cara untuk menghitung jumlah air hujan yang berubah menjadi aliran permukaan berdasarkan karakteristik fisik suatu wilayah. Metode ini menggunakan nilai *Curve Number (CN)*, yaitu angka yang menunjukkan kemampuan tanah menyerap air, yang dipengaruhi oleh tekstur tanah, tutupan lahan, kondisi kelembaban awal, dan karakteristik hidrologi DAS. Semakin besar nilai *CN* (mendekati 100), semakin kecil kemampuan tanah menyerap air, sehingga limpasan menjadi lebih besar. Perhitungan limpasan dimulai dengan menghitung retensi maksimum (*S*) menggunakan *CN*, kemudian menentukan abstraksi awal (*Ia*) yaitu jumlah air yang hilang sebelum terjadinya limpasan, seperti infiltrasi awal dan intersepsi. Setelah itu digunakan persamaan *SCS* untuk menghitung limpasan permukaan berdasarkan hujan total dan kapasitas tanah menahan air. Metode *SCS-CN* banyak digunakan dalam analisis hidrologi karena sederhana, mudah diterapkan, dan mampu menggambarkan respons limpasan pada berbagai kondisi lahan dan curah hujan, untuk perhitungannya menggunakan **rumus 11**.

Table											
jenis tanah											
ID	Shape	KLAS TANAH	THS LAP	KLAS TAN 4	jenis tanah	C	total luas	LUAS RAST	TOTAL	K CT	soilcode
1	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Humitropepts	Lapisan batu	0.26	5,1187,712,359	142737,51789	77082,22166	0.54	C
2	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Tropocutis	Lapisan batu	0.26	1759,489,169	142737,51789	77082,22166	0.54	D
3	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Dystropepts	Lapisan batu	0.26	532,344,105	142737,51789	77082,22166	0.54	C
4	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Tropocutis	Lapisan batu	0.26	5729,450,254	142737,51789	77082,22166	0.54	C
5	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Dystropepts	Lapisan batu	0.26	410,462,037	142737,51789	77082,22166	0.54	B
6	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Dystropepts	Lapisan batu	0.26	1318,080,769	142737,51789	77082,22166	0.54	D
7	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Dystropepts	Lapisan batu	0.26	121,950,890	142737,51789	77082,22166	0.54	D
8	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Dystropepts	Lapisan batu	0.26	785,417,549	142737,51789	77082,22166	0.54	D
9	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Dystropepts	Lapisan batu	0.26	7,920,611	142737,51789	77082,22166	0.54	D
10	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Humitropepts	Lapisan batu	0.26	6443,885,412	142737,51789	77082,22166	0.54	B
11	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Tropocutis	Lapisan batu	0.26	5193,862,940	142737,51789	77082,22166	0.54	C
12	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Dystropepts	Lapisan batu	0.26	234,812,608	142737,51789	77082,22166	0.54	C
13	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Tropocutis	Lapisan batu	0.26	155,635,599	142737,51789	77082,22166	0.54	B
14	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Tropocutis	Lapisan batu	0.26	3249,553,494	142737,51789	77082,22166	0.54	C
15	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Tropocutis	Lapisan batu	0.26	3596,809,34	142737,51789	77082,22166	0.54	C
16	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Dystropepts	Lapisan batu	0.26	367,106,403	142737,51789	77082,22166	0.54	B
17	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Dystropepts	Lapisan batu	0.26	3622,217,045	142737,51789	77082,22166	0.54	D
18	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Tropocutis	Lapisan batu	0.26	3332,933,379	142737,51789	77082,22166	0.54	C
19	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Dystropepts	Lapisan batu	0.26	363,566,917	142737,51789	77082,22166	0.54	D
20	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Tropocutis	Lapisan batu	0.26	3,498,221	142737,51789	77082,22166	0.54	C
21	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Tropocutis	Lapisan batu	0.26	1603,566,779	142737,51789	77082,22166	0.54	D
22	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Tropocutis	Lapisan batu	0.26	10542,6738	142737,51789	77082,22166	0.54	D
23	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Humitropepts	Lapisan batu	0.26	43,995,192	142737,51789	77082,22166	0.54	C
24	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Tropocutis	Lapisan batu	0.26	42,072,649	142737,51789	77082,22166	0.54	D
25	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Tropocutis	Lapisan batu	0.26	3,877,743	142737,51789	77082,22166	0.54	C
26	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Tropocutis	Lapisan batu	0.26	2743,005,107	142737,51789	77082,22166	0.54	D
27	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Tropocutis	Lapisan batu	0.26	1770,54103	142737,51789	77082,22166	0.54	D
28	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Tropocutis	Lapisan batu	0.26	9,567,704	142737,51789	77082,22166	0.54	D
29	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Tropocutis	Lapisan batu	0.26	372,287,841	142737,51789	77082,22166	0.54	D
30	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Tropocutis	Lapisan batu	0.26	1006,043,007	142737,51789	77082,22166	0.54	D
31	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Tropocutis	Lapisan batu	0.26	3306,127,612	142737,51789	77082,22166	0.54	C
32	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Tropocutis	Lapisan batu	0.26	589,708,318	142737,51789	77082,22166	0.54	C
33	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Tropocutis	Lapisan batu	0.26	554,420,317	142737,51789	77082,22166	0.54	C
34	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Tropocutis	Lapisan batu	0.26	5436,484,822	142737,51789	77082,22166	0.54	D
35	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Tropocutis	Lapisan batu	0.26	340,167,905	142737,51789	77082,22166	0.54	C
36	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Tropocutis	Lapisan batu	0.26	1,774,704	142737,51789	77082,22166	0.54	D
37	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Tropocutis	Lapisan batu	0.26	475,139,274	142737,51789	77082,22166	0.54	D
38	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Tropocutis	Lapisan batu	0.26	3,024,971	142737,51789	77082,22166	0.54	D
39	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Tropocutis	Lapisan batu	0.26	1255,192,537	142737,51789	77082,22166	0.54	C
40	Polygon	Dystropepts	agak halus/halus	Tropocutis	Lapisan batu	0.26	14,505,723	142737,51789	77082,22166	0.54	D

Gambar 31. Tampilan penyeteraan kelompok hidrologi tanah

Untuk pengolahan di *Software* Pengolah Data Spasial diperlukan data berupa peta tutupan lahan, peta tekstur tanah, dan peta sebaran curah hujan, kemudian dilakukan *intersect*. Kemudian dilakukan pembobotan nilai *CN* dan perhitungan nilai *S*.

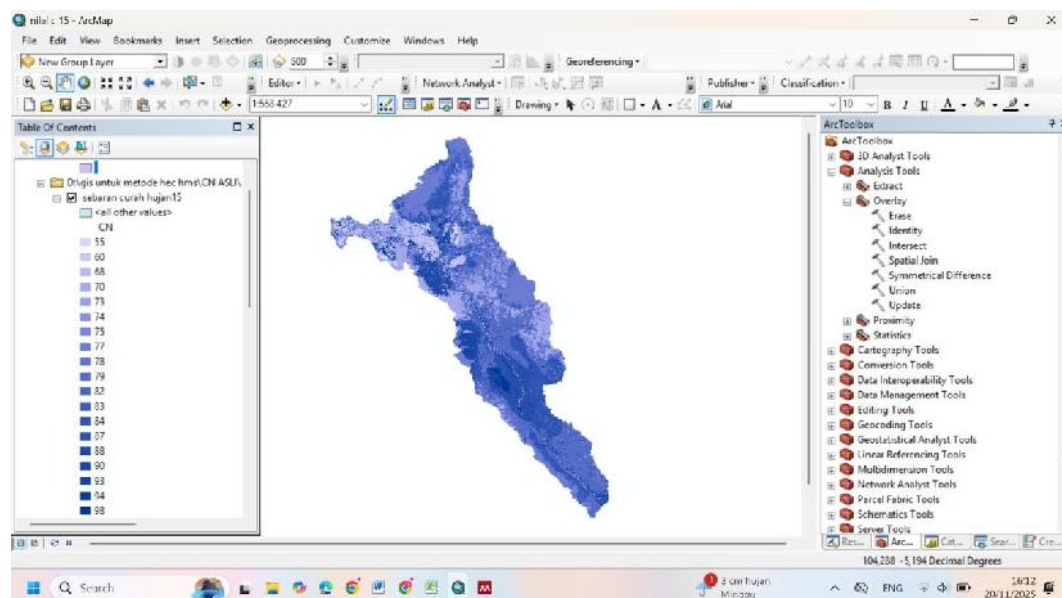
Gambar 32. (a). Tekstur tanah, (b) Sebaran curah hujan, (c). Tutupan lahan (d). Hasil *Intersect*



(a)

(b)

Gambar 33. Tampilan perhitungan nilai (a) CN dan (b)

Gambar 34. Tampilan pengolahan sebaran nilai CN pada *Software* Pengolah Data Spasial

3.5.10. Hidrograf Satuan Sintesis

Hidrograf Satuan Sintesis (HSS) *Snyder* adalah metode untuk membentuk hidrograf satuan berdasarkan karakteristik fisik suatu DAS tanpa memerlukan data observasi debit. Metode ini menggunakan parameter utama berupa *lag time* (t_p) dan faktor C_t (*coefficient of time*) serta faktor C_1 (*coefficient of peak*) yang menggambarkan bentuk dan respon hidrologi DAS. Dengan menggunakan panjang sungai utama, L_c , dan luas DAS, *Snyder* menghitung waktu tunda hujan-aliran, kemudian menentukan waktu ke puncak, debit puncak menggunakan rumus-rumus empiris. Hidrograf yang dihasilkan menunjukkan bagaimana DAS merespons hujan satuan (1 mm) dalam satu durasi standar, sehingga dapat digunakan untuk memprediksi limpasan banjir, merancang bangunan air, dan melakukan simulasi hidrologi pada DAS yang tidak memiliki data hidrograf pengamatan. Metode *Snyder* banyak digunakan karena sederhana, fleksibel, dan cocok diterapkan pada DAS berukuran menengah hingga besar, untuk perhitungannya menggunakan rumus pada **BAB II halaman**.

Tabel 23. Parameter HSS *Snyder* pada DAS Way Semaka

NO.	Parameter	Keterangan		
		Penjelasan	Hitungan	Satuan
1.	Sub <i>Catcment</i>	Bentuk Das Way Semaka	Analisis di di <i>Software</i> Pengolah Data Spasial	-
2.	Luas	Luas	925,48 (Analisis di <i>Software</i> Pengolah Data Spasial)	km ²
3.	<i>Curva Number</i>	Nilai yang menunjukkan kemampuan tanah menyerap air; semakin	2015= 78,91 2020=78,16 2024=77,91 (Perhitungan dan	-

Tabel 23. Parameter HSS *Snyder* pada DAS Way Semaka (Lanjutan)

NO.	Parameter	Keterangan		
		Penjelasan	Hitungan	Satuan
		besar CN , semakin besar limpasan.	Pengolahan di <i>ArchGIS</i>)	
4.	C_1	Faktor empiris untuk menghitung waktu ke puncak (tp) dalam metode <i>Snyder</i> . Menyesuaikan karakter DAS.	0,75 (Kementerian PUPR, Pusat Pengembangan Kompetensi SDA dan Permukiman., 2021)	-
5.	C_t	Faktor untuk menghitung waktu tunda (<i>lag</i> <i>time</i> (tl)) antara curah hujan dan puncak debit.	1,8 (Kementerian PUPR, Pusat Pengembangan Kompetensi SDA dan Permukiman., 2021)	-
6.	Panjang sungai induk	Panjang Sungai(L)	68,05 (Pengolahan di <i>Software</i> Pengolah Data Spasial)	km ²
7.	L_c	Panjang dari <i>outlet</i> DAS ke titik berat aliran	0,04 (Pengolahan di <i>Software</i> Pengolah Data Spasial)	km

Tabel 23. Parameter HSS *Snyder* pada DAS Way Semaka (Lanjutan)

NO.	Parameter	Keterangan		
		Penjelasan	Hitungan	Satuan
		di sepanjang sungai utama. Digunakan dalam perhitungan waktu tunda.		
8.	t_l	Selang waktu antara pusat curah hujan efektif dan puncak debit banjir. Dihitung dengan parameter C_t , L , L_c dan C_1 .	$t_l = C_1 \times C_t \times (LL_c)^{0,3} = 15,20$ (Perhitungan)	Jam
9.	<i>Peaking coeficien</i>	Faktor untuk menentukan tinggi debit puncak; menunjukkan respons kecepatan DAS terhadap hujan.	0,75 (Kementeriaan PUPR, Pusat Pengembangan Kompetensi SDA dan Permukiman., 2021)	-
10.	<i>S (Potential maximum retention)</i>	Kapasitas maksimum tanah untuk menahan air sebelum	$S = \frac{25400 - (254 \times CN)}{CN}$ Hasil :	mm

Tabel 23. Parameter HSS *Snyder* pada DAS Way Semaka (Lanjutan)

NO.	Parameter	Keterangan		
		Penjelasan	Hitungan	Satuan
		limpasan terjadi (mm). Dihitung dari <i>CN</i> .	2015=69,41 2020=72,47 2024=73,42 (Perhitungan)	
11.	<i>Initial abstrascion</i>	Besarnya air yang hilang terlebih dahulu sebelum limpasan terjadi (infiltrasi awal, evaporasi)	$I_a = 0,2(S)$ 2015=13,88 2020=14,49 2024=14,68 (Perhitungan)	mm
12.	<i>Impervious(%)</i>	Persentase permukaan kedap air (jalan, bangunan) di DAS, yang meningkatkan limpasan.	(Perhitungan) 2015=0,15 2020=0,15 2024=0,15 (Kementerian PUPR, Pusat Pengembangan Kompetensi SDA dan Permukiman., 2021)	%

Untuk parameter *Impervious* pada DAS Way Semaka dapat didapatkan dari pembobotan(Hidrologi, Hidrolika Sungai dan Air Tanah, 2021), Nilai *impervious* dalam metode *Snyder* digunakan untuk menyesuaikan besarnya limpasan langsung dan karakteristik hidrograf puncak berdasarkan kondisi tutupan lahan. Semakin besar *impervious*, semakin besar debit puncak untuk hasilnya sebagai berikut :

Tabel 24. *Impervious* Tahun 2015

NO.	Kelas Tutupan Lahn	Kode	Luas (Km ²)	<i>Impervious</i>	<i>Impervious</i> × Luas (Km ²)	<i>Impervious</i>
1.	Hutan	1	210,85	0,025	5,27	
2.	Padang rumput	2	109,68	0,05	5,48	
3.	Kawasan industri dan perpikiran kedap air	3	14,32	0,9	12,89	
4.	Kawasan perumahan	4	41,66	0,5	20,83	
5.	Lahan terbuka	5	58,09	0,125	7,26	0,15
6.	Lahan pertanian tertutup tanaman	6	403,86	0,1	40,39	
7.	Lahan pertanian	7	45,00	0,15	6,75	
8.	Tubuh perairan	8	41,88	1	41,88	
Jumlah			925,48		141,17	

Tabel 25. *Impervious* Tahun 2020

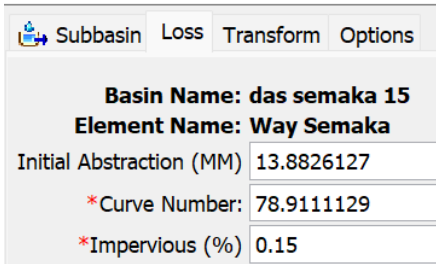
NO.	Kelas Tutupan Lahn	Kode	Luas (Km ²)	<i>Impervious</i>	<i>Impervious</i> × Luas (Km ²)	<i>Impervious</i>
1.	Hutan	1	195,34	0,025	4,88	
2.	Padang rumput	2	217,72	0,05	10,89	
3.	Kawasan industri dan perpikiran kedap air	3	29,03	0,9	26,13	
4.	Kawasan perumahan		55,45	0,5	27,73	
5.	Lahan terbuka		18,45	0,125	2,31	0,15
6.	Lahan pertanian tertutup tanaman		346,08	0,1	34,61	
7.	Lahan pertanian		33,66	0,15	5,05	
8.	Tubuh perairan		29,59	1	29,59	
Jumlah			925,48		141,17	

Tabel 26. *Impervious* Tahun 2024

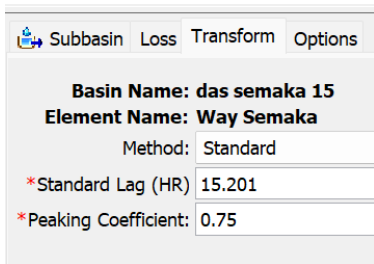
NO.	Kelas Tutupan Lahn	Kode	Luas (Km ²)	<i>Impervious</i>	<i>Impervious</i> × Luas (Km ²)	<i>Impervious</i>
1.	Hutan	1	195,34	0,025	7,08	0,15
2.	Padang rumput	2	217,72	0,05	5,55	
3.	Kawasan industri dan perpikiran kedap air	3	29,03	0,9	28,71	
4.	Kawasan perumahan		55,45	0,5	20,43	
5.	Lahan terbuka		18,45	0,125	2,45	
6.	Lahan pertanian tertutup tanaman		346,08	0,1	30,74	
7.	Lahan pertanian		33,66	0,15	15,88	
8.	Tubuh perairan		29,59	1	25,63	
Jumlah			925,48		136,46	

3.5.11. Pemodelan Debit Pada *HEC-HMS*

Pemodelan debit pada *HEC-HMS* menggunakan metode HSS *Snyder* dilakukan dengan memasukkan parameter respon hidrologi DAS yang dihitung dari karakteristik fisiknya. Pada tahap awal, nilai panjang sungai utama (L) dan panjang alur ke pusat DAS (L_c) diukur dari peta DAS. Kedua nilai ini digunakan untuk menghitung waktu tunda (tp) dengan rumus *Snyder*, yang kemudian menentukan bentuk hidrograf satuan. Selanjutnya, nilai koefisien C_t , C_1 dan C_p dimasukkan untuk menentukan waktu ke puncak dan tinggi debit puncak. Setelah parameter *Snyder* dihitung, di *HEC-HMS* bagian *Transform Method* dipilih *Snyder Unit Hydrograph*, kemudian tp , C_t , dan C_p dimasukkan ke dalam model. *HEC-HMS* akan secara otomatis menghasilkan hidrograf debit berdasarkan hujan masukan, sehingga hasilnya dapat digunakan untuk analisis debit puncak, waktu puncak, dan respon hidrologi DAS.



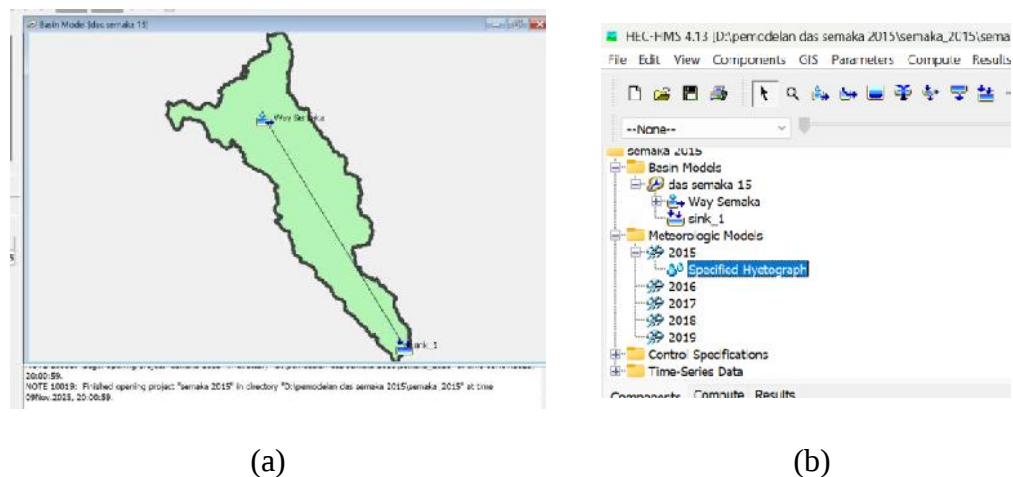
(a)



(b)

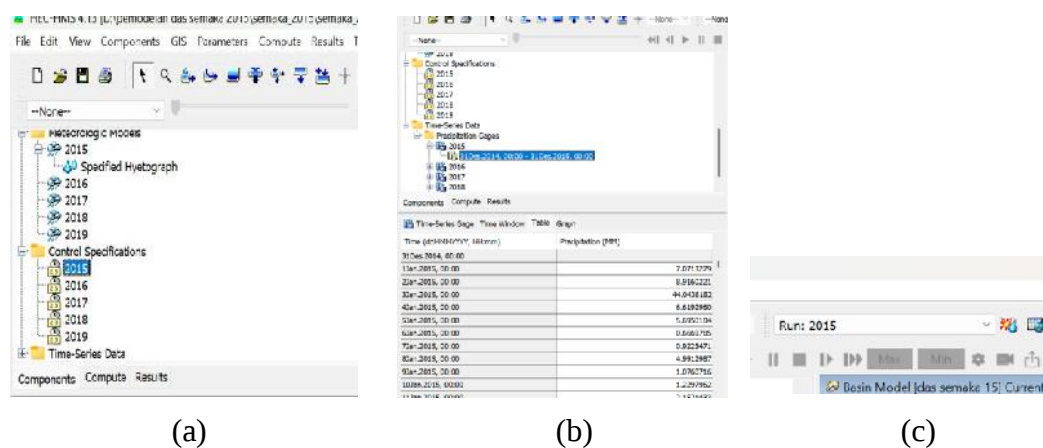
Gambar 35. Tampilan penginputan parameter (a) *Loss* (b) *Transform*

Setelah parameter sudah di masukan ke pemodelan *HEC-HMS*, kemudian buat *Meteorologic Model*, *Control Specifications*, *time series data (precipitation gages)*, dan *Simulation Runs*.



Gambar 36. Tampilan pemodelan (a) *Basin model* (b) *Meteorologic Model*

Pada *Control Specifications* diatur untuk batasan *running*. Batasan pada penelitian ini per tahun, jadi untuk satu tahun penuh setiap *running* nya dan setiap hari. Untuk bagian *time series data (precipitation gages)* ini memasukan data curah hujan harian selama 1 tahun untuk setiap tahunnya. Data curah hujan tersebut yang sudah di rata-rata dengan Metode Poligon *Thiessen*. Kemudian membuat *Simulation Runs* dan melakukan *running model*.



Gambar 37. Tampilan pemodelan (a) *Control Specifications*, (b) *Time series data (precipitation gages)*, (c) *Running model*

Time-Series Results for Subbasin "Way Semaka"

Project: semaka 2015 Simulation Run: 2015
Subbasin: Way Semaka

Start of Run: 31-Dec-2014, 00:00
End of Run: 31-Dec-2015, 00:00
Compute TIMEQUAT/7/8 CHANGED/ RECOMPUTE

Resin Model: des semaka 15
Hydrologic Model: 2015
Control Specifications: 2015

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
31Dec2014	00:00				0.0	0.0	0.0
01Jan2015	00:00	7.77	7.06	0.71	0.1	0.0	0.1
02Jan2015	00:00	8.62	8.84	0.08	0.5	0.0	0.5
03Jan2015	00:00	14.01	25.99	18.63	100.3	0.0	100.3
04Jan2015	00:00	5.62	2.21	4.41	123.5	0.0	123.5
05Jan2015	00:00	5.70	1.72	3.98	44.9	0.0	44.9
06Jan2015	00:00	0.87	0.19	0.78	23.8	0.0	23.8
07Jan2015	00:00	0.52	0.26	0.26	6.1	0.0	6.1
08Jan2015	00:00	4.89	1.35	3.54	23.0	0.0	23.0
09Jan2015	00:00	1.08	0.28	0.80	23.8	0.0	23.8
10Jan2015	00:00	1.73	0.31	0.92	9.7	0.0	9.7
11Jan2015	00:00	2.15	0.53	1.62	13.6	0.0	13.6
12Jan2015	00:00	20.72	1.25	16.33	96.1	0.0	96.1
13Jan2015	00:00	15.66	2.63	13.03	157.4	0.0	157.4
14Jan2015	00:00	1.24	0.19	1.05	75.5	0.0	75.5
15Jan2015	00:00	5.23	0.76	4.78	29.5	0.0	29.5
16Jan2015	00:00	32.36	0.88	20.47	176.4	0.0	176.4
17Jan2015	00:00	2.34	0.24	2.10	163.7	0.0	163.7
18Jan2015	00:00	16.23	1.56	14.71	50.0	0.0	50.0
19Jan2015	00:00	4.59	0.37	4.02	100.3	0.0	100.3
20Jan2015	00:00	12.71	1.00	11.71	84.2	0.0	84.2
21Jan2015	00:00	0.61	0.05	0.57	65.7	0.0	65.7
22Jan2015	00:00	74.51	4.26	70.25	375.3	0.0	375.3
23Jan2015	00:00	0.31	0.01	0.29	377.8	0.0	377.8

Gambar 38. Tampilan hasil *running* model

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil analisis perubahan tutupan lahan dan simulasi debit puncak menggunakan model *F.J. Mock*, *NRECA*, dan *HEC-HMS* pada tahun 2015, 2020, dan 2024, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Perubahan tutupan lahan di DAS Way Semaka selama periode penelitian menunjukkan dinamika yang signifikan. Terjadi fluktuasi luas hutan serta kecenderungan peningkatan kawasan terbangun dan lahan pertanian tertutup tanaman. Kondisi ini mencerminkan adanya pergeseran penggunaan lahan yang berpotensi memengaruhi keseimbangan hidrologi DAS.
2. Hasil perhitungan debit menggunakan metode *F.J. Mock* dan *NRECA* menunjukkan pola yang mengikuti variasi curah hujan tahunan dengan karakteristik respon yang berbeda. Metode *NRECA* cenderung lebih sensitif terhadap perubahan curah hujan dan kondisi hidrologi, sedangkan metode *F.J. Mock* menghasilkan estimasi debit yang lebih stabil dan konservatif. Kedua metode tersebut saling melengkapi dalam memberikan gambaran debit rata-rata DAS.
3. Pemodelan menggunakan *HEC-HMS* menunjukkan respon limpasan yang lebih besar dibandingkan estimasi debit rata-rata dari metode *F.J. Mock* dan *NRECA*. Hal ini menunjukkan bahwa *HEC-HMS* lebih responsif dalam mensimulasikan debit puncak akibat kejadian hujan, sehingga memberikan gambaran kondisi ekstrem hidrologi yang mungkin terjadi di DAS Way Semaka.
4. Perubahan tutupan lahan terbukti berpengaruh terhadap peningkatan maupun penurunan debit puncak. Berkurangnya tutupan hutan cenderung

meningkatkan limpasan permukaan dan debit puncak, sedangkan bertambahnya tutupan hutan meningkatkan kemampuan infiltrasi dan menurunkan respon limpasan. Nilai *Curve Number* yang cenderung menurun menunjukkan peningkatan kapasitas infiltrasi lahan, sementara nilai *impervious* yang relatif tetap mengindikasikan bahwa dinamika debit lebih dipengaruhi oleh perubahan tutupan vegetasi.

5.2 Saran

1. Diperlukan pengelolaan tata guna lahan yang berkelanjutan di DAS Way Semaka melalui pelestarian hutan dan penerapan pertanian konservasi, karena penelitian ini menunjukkan bahwa perubahan tutupan lahan berpengaruh terhadap peningkatan limpasan dan debit puncak.
2. Pemerintah daerah dan masyarakat perlu mengendalikan alih fungsi lahan secara lebih terarah agar karakteristik hidrologi DAS tetap stabil dan konsistensi debit sungai dapat terjaga dari waktu ke waktu.
3. Penggunaan metode *F.J. Mock* dan *NRECA* secara bersamaan disarankan dalam analisis debit, karena penelitian ini membuktikan bahwa kedua metode saling melengkapi dalam menggambarkan karakteristik debit DAS.
4. Penggunaan *HEC-HMS* dalam pemodelan hidrologi perlu terus dikembangkan karena mampu menggambarkan respon limpasan dan debit puncak secara lebih detail serta sensitif terhadap perubahan tutupan lahan dan curah hujan, sehingga sangat mendukung analisis karakteristik hidrologi DAS.
5. Penelitian ini telah dilakukan secara menyeluruh melalui penggabungan beberapa metode hidrologi. Namun, penggunaan data debit observasi lapangan secara kontinu akan semakin meningkatkan ketelitian dan akurasi hasil pemodelan di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Alimin, M., Wicaksono, K. S., & Sudarto. (2015). Estimasi Limpasan Permukaan Das Mikrobrantas Hulu Kecamatan Bumiaji Kota Batu Menggunakan Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 2(2), 171-177.
<https://jtsl.ub.ac.id/index.php/jtsl/article/view/127>.
- Asdak, C. (2002). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai - Chay Asdak - Google Buku* (hal. 584).
https://books.google.co.id/books?hl=id&lr&id=1c6pEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP2&dq=asdak+Hidrologi+dan+pengelolaan+daerah+aliran+sungai&ots=Uaop_wG3tB&sig=bRMfCHz2PitRUUklFbMJtOX3Sbw&redir_esc=y&pli=1#v=onepage&q=asdak Hidrologi dan pengelolaan daerah aliran sung
- Asdak, C. (2004). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai* (edisi kedua).
- Azis, S., Wahono, E. P., Endaryanto, T., Bakri, S., Abidin, Z., & Nurhasanah, N. (2024). Analisis Limpasan Air Permukaan Menggunakan Hec-Hms Akibat Perubahan Tutupan Lahan Di Kecamatan Jati Agung. *Jurnal Hutan Tropis*, 12(1), 22. <https://doi.org/10.20527/jht.v12i1.19020>
- Badan Informasi Geospasial. (2014). Peraturan BIG Nomor 3 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Pengumpulan dan Pengolahan Data Geospasial Mangrove. Badan Informasi Geospasial, 14.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Tanggamus. (2024). Jumlah Penduduk menurut Kelompok Umur dan Jenis Kelamin di Kabupaten Tanggamus, 2023 [Tabel statistik]. BPS Kabupaten Tanggamus.
<https://tanggamuskab.bps.go.id/id/statisticstable/3/WVc0MGEyMXBkVFUxY25KeE9HdDZkbTQzWkVkb1p6MDkjMw%3D%3D/jumlah-penduduk-menurut-kelompok-umur-dan-jenis-kelamin-di-kabupaten-tanggamus--2023.html>
- Breiman, L. E. O. (2001). *Random Forests*. University of California, Berkeley. 5–32.
- Direktorat Perencanaan dan Evaluasi Pengendalian DAS. (2021). Tutorial Penyusunan Peta Rawan Limpasan. Direktorat Jenderal Pengendalian Daerah Aliran Sungai dan Hutan Lindung, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 1-20.

- Dutton Institute. (2023). Digital image classification in remote sensing. Retrieved from <https://www.duttoninstitute.psu.edu>.
- Esri. (2023). Image classification in ArcGIS Pro. Retrieved from <https://pro.arcgis.com>
- Fao, D. P., Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). FAO. Crop Evapotranspiration: Guidelines FAO Irrigation and Drainage Paper Crop Evapotranspiration. Irrigation and Drainage, 300(November), 300. <http://www.kimberly.uidaho.edu/water/fao56/fao56.pdf>
- Fao, D. P., Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (2015). FAO. 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines FAO Irrigation and Drainage Paper Crop Evapotranspiration. Irrigation and Drainage, 300(November), 300. <http://www.kimberly.uidaho.edu/water/fao56/fao56.pdf>
- Febryanto, D. A., & Farda, N. M. (2016). Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Debit Puncak Sub-Das Opak Hulu Tahun 2009 Dan 2014 Menggunakan Citra Landsat 5 Dan Landsat 8. Jurnal Bumi Indonesia, 1-10. <https://core.ac.uk/download/pdf/295176377.pdf>
- Ftriani, D., Satriyo, P., & Devianti. (2020). Analisis Debit Rencana Metode Rasional Di Sub DAS Lawe Simpali Kabupaten Aceh Selatan. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian, 5(1), 491-500. <https://jim.usk.ac.id/JFP/article/view/13679>.
- Gafuri, R., Ridwan, I., & Nurlina. (2016). Analisis Limpasan Permukaan (Runoff) Pada Sub-Sub Das Riam Kiwa Menggunakan Metode Cook. Jurnal Fisika FLUX, 13(1), 89–100. <https://ppjp.ulm.ac.id/journal/index.php/f/article/view/1920>
- Hafiz, M. D., Badaruddin., & Nisa, K. (2023). Analisis Penggunaan Lahan Terhadap Kemampuan Infiltrasi Dan Aliran Permukaan Curah Hujan Di Das Maluka. Jurnal Sylva Scienteae, 06(3), 476–486. <https://www.academia.edu/download/121097496/pdf.pdf>
- Herwanti, S. (2020). Kesiediaan Masyarakat Menerima Pembayaran Jasa Lingkungan Air: Kasus Das Way Semaka Kabupaten Tanggamus. Gorontalo Journal of Forestry Research, 3(1), 45. <https://doi.org/10.32662/gjfr.v3i1.1052>
- Herwindo, W., Bumi, I. S., Suhardi, S., Bahri, S., & Patiroi. (2023). Pengendalian Limpasan Air Hujan di Rusun Mahasiswa Kampus 2 Politeknik PU Semarang. Jurnal Kontruksi, 21(1), 89-96. <https://jurnal.itg.ac.id/index.php/konstruksi/article/view/1302>

- Hidayat, M., & Nugroho, H. (2025). Comparison of Rainfall-Runoff Models with F.J. Mock and NRECA to Determine Water Availability of Rukoh Reservoir, Aceh. *Teknik*, 46(1), 73–86. <https://doi.org/10.14710/teknik.v46i1.67951>
- Hidayat, M., & Nugroho, H. (2025). Comparison of Rainfall-Runoff Models with F.J. Mock and NRECA to Determine Water Availability of Rukoh Reservoir, Aceh. *Teknik*, 46(1), 73–86. <https://doi.org/10.14710/teknik.v46i1.67951>
- Indirham, A. Z. (2011). Aplikasi Sistem Informasi Geografis (Sig) Dalam Penentuan Koefisien Limpasan (Kota Gorontalo) (Skripsi tidak dipublikasikan). Universitas Hasanuddin.
- I'zzuddiin, M., Alina, A. N., Mahardianti, M. A., Yahya, F., & Prabawa, S. E. (2025). Analisa Perubahan Indeks Kerapatan Vegetasi Mangrove Menggunakan Algoritma NDVI Di Pantai Timur Surabaya Berbasis SIG. *Jurnal Geodesi Undip*, 12(4), 21-32.
- Jaya, D. T. P. (2023, 29 Juni). Banjir Bandang di Semaka Tanggamus, 1117 Rumah Terendam dan 4 Titik Jalan Tak Bisa Dilalui. *Kupas Tuntas*. <https://kupas.tuntas.co/2023/06/29/banjir-bandang-di-semaka-tanggamus-1117-rumah-terendam-dan-4-titik-jalan-tak-bisa-dilalui>
- Jayanti, M., Sabar, A., Ariesyady, H. D., Marselina, M., & Qadafi, M. (2023). A comparison of three water discharge forecasting models for monsoon climate region: A case study in Cimanuk-Jatigede watershed Indonesia. *Water Cycle*, 4, 17–25. <https://doi.org/10.1016/j.watcyc.2023.01.002>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2023). Penyusunan Peta Rawan Limpasan Dengan Menggunakan Metode Curve Number. https://jdih.menlhk.go.id/new2/uploads/files/2022pmlhk010_menlhk_08022022151842.pdf
- Kementerian PUPR, Ditjen SDA. (2013). Standar Perencanaan Irigasi. Kementerian Pekerjaan Umum, 1–253. <https://simantu.pu.go.id/content/?id=83>
- Kementerian PUPR, Pusat Pengembangan Kompetensi SDA dan Permukiman. (2018). Analisa Hidrologi dan Sedimen. Kementerian Pekerjaan Umum, 1-139.
- Kementerian PUPR, Pusat Pengembangan Kompetensi SDA dan Permukiman. (2021). Hidrologi dan Hidrolika Sungai dan Air Tanah. Kementerian Pekerjaan Umum, 1-176.
- Kompas. (2025, Juni 30). Kejadian berulang: warga Lampung tewas diserang buaya di Sungai Way Semaka. <https://www.kompas.id/artikel/kejadian-berulang-warga-lampung-tewas-diserang-buaya-di-sungai-way-semaka>

- Media Indonesia. (2022). Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh dalam pengelolaan sumber daya alam. Retrieved from <https://mediaindonesia.com>
- Pane, F. M. R., Suprayogi, A., & L. M. Sabri. (2020). Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan DAS Tahun 2013 Dan 2018 Terhadap Peningkatan Debit Puncak Sungai Kaligarang. *Jurnal Geodesi Undip*, 9(1), 285–287.
- Pane, F. M. R., Suprayogi, A., dan L. M. Sabri. (2020). Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan DAS Tahun 2013 Dan 2018 Terhadap Peningkatan Debit Puncak Sungai Kaligarang. *Jurnal Geodesi Undip*, 9(1), 285–287.
- PILI Green Network. (2025, 22 Januari). The Asia Foundation dan PILI dukung rehabilitasi ekosistem DAS Semaka melalui Program Setapak 4. <https://pili.or.id/the-asia-foundation-dan-pili-dukung-rehabilitasi-ekosistem-das-semaka-melalui-program-setapak-4/>
- Rakuasa, H., Sihasale, D. A., Mehdila, M. C., & Wlary, A. P. (2022). Analisis Spasial Tingkat Kerawanan Banjir di Kecamatan Teluk Ambon Baguala, Kota Ambon. *Jurnal Geosains dan Remote Sensing*, 3(2), 60–69. <https://doi.org/10.23960/jgrs.2022.v3i2.80>
- Saidah, H., Wirahman, L., & Hidayaturrohmi, L. (2023). Evaluasi Kinerja Metode Perhitungan Koefisien Pengaliran. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, 9(1), 74–85. <https://doi.org/10.29303/jstl.v9i1.405>
- Saputra, I., Rizky Awaliah Nafiu, W., & Kadar, I. (2022). Analisis Tutupan Lahan Sekitar Bukaan Tambang Menggunakan Data Sentinel 2 Untuk Pendugaan Penyebab Banjir Di Desa Baliara. *Jurnal Riset Teknologi Pertambangan*.
- Sentosa, K. S., Asdak, C., & Suryadi, E. (2021). Estimasi Volume Limpasan Dan Debit Puncak Sub DAS Cikeruh Menggunakan Metode SCS-CN. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 9(1), 90-98.
- Setiyono, R. Y., Hastuti, A. Y., & Widayani, P. (2017). Estimasi Debit Puncak Melalui Metode Manning dan Cook Berbasis Penginderaan Jauh dan SIG di Sub DAS Gesing. *Seminar Nasional Kebumihan Ke-10*, 1683-1700.
- Sideng, U., Lamada, M. S., Mandra, M. A. S., & Jassin, A. M. I. Z. (2022). Morfometri, Perubahan Lahan, Zonasi & Pemodelan Banjir DAS Saddang & Mata Allo Kabupaten Enrekang.
- Sideng et al. (2022). Morfometri, Perubahan Penggunaan Lahan Zonasi dan Pemodelan Banjir (22 th ed). Media Nusa Creative Publishing.
- Singh, A. S., Masuku, M. B. (2011). Sampling Techniques & Determination of Sample Size in Applied Statistics Research. *Inwood Magazine*, II(96), 32–33.

- Singh, A. S., Masuku, M. B., & Department. (2011). Sampling Techniques & Determination of Sample Size in Applied Statistics Research. Inwood Magazine, II(96), 32–33.
- Sriartha, I. P. (2015). Penggunaan Citra Landsat 8 Dan SIG Untuk Estimasi Debit Puncak DAS Unda Provinsi Bali. Jurnal Sains dan Teknologi, 4(2), 621–634.
- States, U. (1986). Urban Hydrology for Small.
- Tallar, R. Y. (2023). Dasar-Dasar Hidrologi Terapan. Universitas Kristen Maranatha.
- Wikipedia contributors. (2025, 19 Mei). Way Semangka. https://id.wikipedia.org/wiki/Way_Semangka