

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN TATA GUNA
LAHAN PADA DEBIT BANJIR RANCANGAN DI DAS
SERAYU**

***(ANALYSIS OF THE EFFECT OF LAND USE CHANGE
ON FLOOD DISCHARGE IN THE SERAYU
WATERSHED)***

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



SEKAR ARUM NURUSSYIFA

20511291

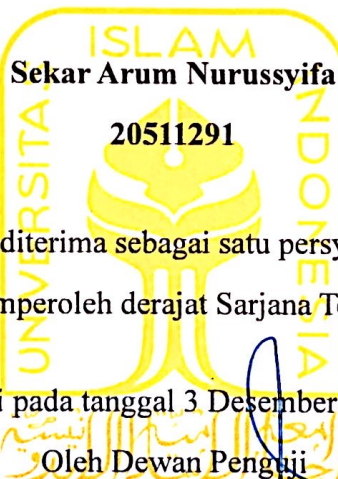
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL-PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2025

TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN TATA GUNA LAHAN PADA DEBIT BANJIR RANCANGAN DI DAS SERAYU (ANALYSIS OF THE EFFECT OF LAND USE CHANGE ON FLOOD DISCHARGE IN THE SERAYU WATERSHED)

Disusun oleh:



Pembimbing

Dr. Ir. Sri Amini Yuni A., M.T.
NIK : 885110101

Penguji I

Pradipta Nandi W., S.T., M.Eng.
NIK : 0529018502

Penguji II

Shofwatul Fadilah, S.T.P., M. Eng.
NIK : 215111308

Mengesahkan,

Ketua Prodi Teknik Sipil



Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D
NIK: 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 3 Desember 2025

Yang membuat pernyataan



Sekar Arum Nurussyifa

20511291

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil'alamin

Karya sederhana ini kupersembahkan untuk orang-orang yang aku cintai dan aku sayangi :

Bapak Edy Suswanto dan Almh. Ibu Asih Winarti, serta kakak Muhammad Utama.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh

Alhamdulillah, segala puji untuk Allah Azza wa Jalla Tuhan semesta alam karena berkat limpahan nikmat-Nya penulis diberi kekuatan, kesehatan, dan semangat sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik. Tidak lupa shalawat dan salam kepada manusia yang patut dijadikan tauladan, Nabi Muhammad SAW. Allahuma sholli 'ala Muhammad, wa 'ala ali Muhammad.

Dalam penulisan Laporan Tugas Akhir yang berjudul Analisis Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Pada Debit Banjir Rancangan di DAS Serayu terdapat kendala-kendala yang dialami. Namun berkat kritik, saran, dan semangat dari berbagai pihak akhirnya penelitian dan naskah Tugas Akhir dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu penulis haturkan terimakasih kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T, selaku Dosen Pembimbing
2. Bapak Pradipta Nandi Wardhana, S.T., M.Eng selaku Dosen Penguji I.
3. Ibu Shofwatul Fadilah, S.T.P., M. Eng, selaku Dosen Penguji II,
4. Bapak Edy Suswanto dan Alm. Ibu Asih Winarti, selaku orang tua penulis yang selalu mendoakan, memberikan dukungan, motivasi, kasih sayang, dan nasihat kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
5. Muhammad Utama dan Widita Nareswari selaku saudara penulis yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada penulis.
6. Sahabat – sahabat penulis, Hanifah Putri, Hana Af Idatul, Aisyah Alfia dan Lestha Aurel yang senantiasa memberi semangat biar segera menyelesaikan studi.
7. Almedia Renata, sahabat penulis yang selalu menjadi pendengar dan penasihat setia penulis.
8. Ayu Murti Noor Pratiwi, yang selalu senantiasa menemani dan menyemangati penulis ketika menulis skripsi ini.
9. Diri sendiri yang berhasil menyelesaikan skripsi ini dan berusaha semaksimal mungkin sehingga dapat selesai dengan baik.

Semoga Allah yang Maha Kuasa membalas amalan baik semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini dan semoga penelitian ini dapat memberikan banyak manfaat bagi semua pihak yang membutuhkan dan dapat menjadi referensi bagi peneliti-peneliti selanjutnya.

Waalaikumsalam Warrahmatullahi Wabarrakatuh

Yogyakarta, 3 Desember 2025

Penulis,

Sekar Arum Nurussyifa

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiii
ABSTRAK	xiv
<i>ABSTRACT</i>	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tinjauan Umum	4

2.2 Penelitian Terdahulu	4
2.3 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Diusulkan	8
2.4 Keaslian Penelitian	11
BAB III LANDASAN TEORI	12
3.1 Umum	12
3.2 Hidrologi	12
3.3 Sistem Informasi Geografis (SIG)	13
3.4 Daerah Aliran Sungai (DAS)	14
3.5 Tutupan lahan	14
3.6 Citra Satelit Landsat	15
3.7 Klasifikasi Citra Satelit Landsat	17
3.8 Delineasi Batas Daerah Aliran Sungai (DAS)	17
3.9 Analisis Curah Hujan Kawasan	19
3.10 Analisis Frekuensi Curah Hujan	20
3.11 Hidrograf Satuan Sintesis	30
BAB IV METODE PENELITIAN	35
4.1 Pendahuluan	35
4.2 Lokasi Penelitian	35
4.3 Tahapan Penelitian	36
4.4 Bagan Alir Penelitian (<i>Flow Chart</i>)	39
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	41
5.1 Curah Hujan Kawasan	41
5.2 Analisis Frekuensi	44
5.3 Hujan Rencana	50

5.4 Intensitas Hujan	51
5.5 Distribusi Hujan	51
5.6 Analisis Tutupan Lahan	53
5.7 Hujan Efektif	63
5.8 Hidrograf Satuan Sintesis	69
5.9 Analisis Debit Banjir	91
5.10 Pembahasan	136
BAB VI KESIMPULAN	140
6.1 Kesimpulan	140
6.2 Saran	141
DAFTAR PUSTAKA	142
LAMPIRAN	144

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Siklus Hidrologi	13
Gambar 3.2	Tampilan DEM (kiri) dan Hasil Delineasi (kanan)	18
Gambar 3.3	Hyetograph dengan Alternating Block Method	30
Gambar 3.4	Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu	31
Gambar 4.1	Bagan Alir Penelitian	40
Gambar 5.1	Peta Poligon Thiessen	42
Gambar 5.2	Hyetograph Metode ABM Periode Ulang 20 Tahun	52
Gambar 5.3	Distribusi Hujan Tadashi Tanimoto	53
Gambar 5.4	Distribusi Hujan Tadashi Tanimoto Periode Ulang 20 Tahun	54
Gambar 5.5	Peta Tutupan Lahan 2015	55
Gambar 5.6	Peta Tutupan Lahan 2019	56
Gambar 5.7	Peta Tutupan Lahan 2024	57
Gambar 5.8	Penentuan Jenis Tanah Secara Hidrologi	61
Gambar 5.9	Unit Hidrograf Satuan Sintetis Metode SCS	78
Gambar 5.10	Unit Hidrograf Satuan Sintetis Metode SCS Awal dan Koreksi	81
Gambar 5.11	Unit Hidrograf Satuan Sintetis Metode Nakayasu	86
Gambar 5.12	Hidrograf Satuan Sintetis Metode Nakayasu Awal dan Koreksi	91
Gambar 5.13	Perbandingan HSS SCS dan HSS Nakayasu	91
Gambar 5.14	Perbandingan Metode HSS SCS dan HSS Nakayasu	135

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian yang Telah Dilakukan dengan yang Dilakukan	9
Tabel 3.1 Spesifikasi Kanal Landsat 8	16
Tabel 3.2 Kombinasi Band Citra Landsat	17
Tabel 3.3 Parameter Statistik Untuk Menentukan Jenis Distribusi	22
Tabel 3.4 Besarnya Curve Number (CN) Sesuai Jenis Lahan atau Tanah	27
Tabel 3.5 Hidrograf Satuan Metode SCS	32
Tabel 5.1 Koordinat Stasiun Hujan	41
Tabel 5.2 Luas Pengaruh Stasiun Hujan	42
Tabel 5.3 Curah Hujan Maksimum Bulan Januari Sampai Juni	43
Tabel 5.4 Curah Hujan Maksimum Bulan Juli Sampai Desember	43
Tabel 5.5 Curah Hujan Metode Annual Maximum Series	44
Tabel 5.6 Perhitungan Parameter Statistik	44
Tabel 5.7 Pemilihan Distribusi yang Sesuai Untuk Hujan Harian	46
Tabel 5.8 Perhitungan Hujan Harian dengan Distribusi Log Pearson III	47
Tabel 5.9 Pengurutan Data Hujan dari Besar ke Kecil	48
Tabel 5.10 Hasil Analisis x^2	49
Tabel 5.11 Kategori Debit Rencana Infrastruktur Pengendali Banjir	50
Tabel 5.12 Nilai Hujan Rencana	50
Tabel 5.13 Distribusi Hujan Metode ABM Periode Ulang 20 Tahun	52
Tabel 5.14 Distribusi Hujan di Jawa Menurut Tadashi Tanimoto	53
Tabel 5.15 Distribusi Hujan Tadashi Tanimoto Periode Ulang 20 Tahun	54
Tabel 5.16 Luas Peta Tutupan Lahan 2015 Pada DAS Serayu	56
Tabel 5.17 Luas Peta Tutupan Lahan 2015 Pada DAS Serayu	57
Tabel 5.18 Luas Peta Tutupan Lahan 2015 Pada DAS Serayu	58
Tabel 5.19 Perbandingan Luas Lahan Tahun 2015, 2019 dan 2024	58
Tabel 5.20 Perbandingan Hasil Training Sample Terhadap Pengamatan Lapangan Tahun 2015	59
Tabel 5.21 Perbandingan Hasil Training Sample Terhadap Pengamatan Lapangan Tahun 2019	60

Tabel 5.22 Perbandingan Hasil Training Sample Terhadap Pengamatan Lapangan Tahun 2024	60
Tabel 5.23 Karakteristik Jenis Tanah Secara Hidrologi Pada DAS Serayu	62
Tabel 5.24 Luasan Berdasarkan Jenis Tanah Secara Hidrologi Pada DAS Serayu	62
Tabel 5.25 Nilai Curve Number Setiap Jenis Lahan	63
Tabel 5.26 Perhitungan CN Komposit Pada Lahan Tahun 2015	64
Tabel 5.27 Perhitungan CN Komposit Pada Lahan Tahun 2019	65
Tabel 5.28 Perhitungan CN Komposit Pada Lahan Tahun 2024	65
Tabel 5.29 Data Distribusi Hujan Metode ABM Periode Ulang 20 Tahun	66
Tabel 5.30 Hujan Efektif (<i>pe</i>) Metode ABM Periode Ulang 20 Tahun Untuk Lahan Tahun 2015	68
Tabel 5.31 Hujan Efektif (<i>pe</i>) Metode ABM Periode Ulang 20 Lahan Tahun 20	69
Tabel 5.32 Hujan Efektif (<i>pe</i>) Metode ABM Periode Ulang 20 Tahun 2024	70
Tabel 5.33 Data Distribusi Hujan Metode Tadashi Tanimoto Periode 20 Tahun	71
Tabel 5.34 Hujan Efektif (<i>pe</i>) Tadashi Tanimoto Periode Ulang 20 Tahun 2015	72
Tabel 5.35 Hujan Efektif (<i>pe</i>) Metode ABM Periode Ulang 20 Tahun Untuk Lahan Tahun 2019	73
Tabel 5.36 Hujan Efektif (<i>pe</i>) Metode ABM Periode Ulang 20 Tahun Untuk Lahan Tahun 2024	74
Tabel 5.37 Bentuk Hidrograf Satuan Sintetis Metode SCS DAS Serayu	76
Tabel 5.38 Unit Hidrograf Satuan Sintetis Metode SCS Pada DAS Serayu	77
Tabel 5.39 Perhitungan Unit Hidrograf Awal dan Volume Awal HSS SCS	79
Tabel 5.40 Perhitungan Unit Hidrograf Koreksi Metode SCS	80
Tabel 5.41 Unit Hidrograf pada Kurva ($0 < t < 8,12$)	83
Tabel 5.42 Unit Hidrograf pada Kurva ($8,12 < t < 20,32$)	84
Tabel 5.43 Unit Hidrograf pada Unit Hidrograf pada Kurva $14,44 < t < 18,38$	84
Tabel 5.44 Unit Hidrograf pada Unit Hidrograf pada Kurva $t < 38,75$	85
Tabel 5.45 Perhitungan Unit Hidrograf Awal dan Volume Awal HSS Nakayasu	87
Tabel 5.46 Perhitungan Unit Hidrograf Koreksi Metode Nakayasu	88
Tabel 5.47 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS SCS Tahun 2015 Dengan Distribusi Hujan ABM	95

Tabel 5.48 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS SCS Tahun 2019 Dengan Distribusi Hujan ABM	97
Tabel 5.49 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS SCS Tahun 2024 Dengan Distribusi Hujan ABM	99
Tabel 5.50 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS SCS Tahun 2015 Dengan Distribusi Hujan Tadashi Tanimoto	103
Tabel 5.51 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS SCS Tahun 2019 Dengan Distribusi Hujan Tadashi Tanimoto	105
Tabel 5.52 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS SCS Tahun 2024 Dengan Distribusi Hujan Tadashi Tanimoto	107
Tabel 5.53 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS Nakayasu Tahun 2015 Dengan Distribusi Hujan ABM	110
Tabel 5.54 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS Nakayasu Tahun 2019 Dengan Distribusi Hujan ABM	113
Tabel 5.55 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS Nakayasu Tahun 2024 Dengan Distribusi Hujan ABM	116
Tabel 5.56 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS Nakayasu Tahun 2015 Dengan Distribusi Hujan Tadashi Tanimoto	123
Tabel 5.57 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS Nakayasu Tahun 2019 Dengan Distribusi Hujan Tadashi Tanimoto	127
Tabel 5.58 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS Nakayasu Tahun 2024 Dengan Distribusi Hujan Tadashi Tanimoto	131
Tabel 5.59 Rekapitulasi Nilai Debit Banjir Maksimum Distribusi ABM Pada Periode Ulang 20 Tahun	136
Tabel 5.60 Rekapitulasi Nilai Debit Banjir Maksimum Distribusi Tadashi Tanimoto Pada Periode Ulang 20 Tahun	136

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

α	: Koefisien bentuk hidrograf
θ	: Sudut kemiringan lereng ($^{\circ}$)
A	: Luas daerah aliran sungai (km^2)
C	: Koefisien pengaliran (<i>runoff coefficient</i>)
CN	: <i>Curve Number</i>
n	: Jumlah pos hujan
Q	: Debit aliran (m^3/s)
Q_p	: Debit puncak banjir (m^3/s)
R	: Curah hujan rata-rata (mm)
R_{24}	: Curah hujan harian maksimum 24 jam (mm)
S	: Luas penampang saluran (m^2)
t	: Waktu (jam atau menit)
T_c	: Waktu konsentrasi (jam)
T_p	: Waktu menuju puncak hidrograf (jam)
$T_{0.3}$	: Waktu naik hidrograf (jam)
T_r	: Kala ulang (tahun)
UH	: Unit Hidrograf ($\text{m}^3/\text{detik}/\text{mm}$)
USGS	: United States Geological Survey
V	: Kecepatan aliran (m/s)
W	: Lebar saluran sungai (m)

ABSTRAK

Peningkatan jumlah penduduk dan aktivitas pembangunan dari tahun ke tahun menyebabkan perubahan luas dan distribusi tata guna lahan di daerah aliran sungai. Perubahan fungsi lahan, khususnya berkurangnya area resapan seperti hutan atau vegetasi, mengakibatkan meningkatnya limpasan permukaan dan potensi terjadinya banjir pada wilayah DAS Serayu. Penelitian ini bertujuan membandingkan pengaruh perubahan tata guna lahan antara tahun 2015, 2019, dan 2024 terhadap debit banjir rencana wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) Serayu.

Analisis perubahan tata guna lahan dilakukan dengan menggunakan citra satelit Landsat 8 dan pengolahan digital melalui metode *supervised classification* di *software* QGIS. Data curah hujan maksimum tahunan diolah menggunakan metode distribusi Log Pearson III setelah pengujian kesesuaian dengan uji statistik. Perhitungan hujan efektif dilakukan dengan metode Soil Conservation Service-Curve Number (SCS-CN) dan pembangkitan hidrograf satuan dilakukan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu dan *SCS*, sehingga diperoleh gelombang debit banjir rencana untuk masing-masing periode pengamatan.

Tutupan lahan menunjukkan perubahan yang tidak signifikan, dengan ditunjukkan oleh nilai *Curve Number* (CN) komposit pada tahun 2015 sebesar 78,13, meningkat menjadi 78,19 pada tahun 2019, dan kembali meningkat menjadi 78,22 pada tahun 2024. Berdasarkan metode yang digunakan, nilai debit banjir terbesar diperoleh dengan metode Hidrograf Satuan *Sintetis Soil Conservation Service* (SCS) menggunakan distribusi hujan metode *Alternating Block Methode*, yaitu sebesar 3.878,65 m³/detik pada tahun 2015, 3886,46 m³/detik pada tahun 2019, dan 3890,55 m³/detik pada tahun 2024.

Kata kunci: perubahan lahan, debit banjir, DAS Serayu, hujan efektif, hidrograf banjir

ABSTRACT

The increase in population and development activities from year to year has caused changes in the extent and distribution of land use in river basins. Changes in land use, particularly the reduction of absorption areas such as forests or vegetation, have resulted in increased surface runoff and the potential for flooding in the Serayu River Basin. This study aims to compare the effects of land use changes between 2015, 2019 and 2024 on the planned flood discharge in the Serayu River Basin.

The analysis of land use changes was conducted using Landsat 8 satellite imagery and digital processing through the supervised classification method in QGIS software. The annual maximum rainfall data was processed using the Log Pearson III distribution method after testing its suitability with statistical tests. Effective rainfall was calculated using the Soil Conservation Service-Curve Number (SCS-CN) method, and unit hydrographs were generated using the Nakayasu and SCS Synthetic Unit Hydrograph (HSS) methods to obtain planned flood discharge waves for each observation period.

Land cover showed insignificant changes, as indicated by the composite Curve Number (CN) value in 2015 of 78,13, increasing to 78,19 in 2019, and increasing again to 78,22 in 2024. Based on the method used, the highest flood discharge value was obtained using the Soil Conservation Service (SCS) Synthetic Unit Hydrograph method with the Alternating Block Method rainfall distribution, which was 3878,65 m³/second in 2015, 3886,46 m³/second in 2019, and 3890,55 m³/sec in 2024.

Keywords: *land change, flood discharge, Serayu watershed, effective rainfall, flood hydrograph*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perubahan tata guna lahan adalah salah satu fenomena yang umum terjadi. Perubahan ini terjadi akibat meningkatnya aktivitas manusia, kebutuhan ekonomi, juga pertumbuhan penduduk yang pesat. Kegiatan pembangunan dan pertanian yang tidak memperhatikan daya dukung lingkungan menyebabkan perubahan fungsi alami menjadi lahan terbangun, sehingga mengubah keseimbangan hidrologis di suatu wilayah. Salah satu dampak nyata dari perubahan tersebut adalah meningkatnya debit banjir di Daerah Aliran Sungai (DAS).

DAS Serayu terletak di Provinsi Jawa Tengah yang mencakup beberapa kabupaten, yaitu Wonosobo, Banjarnegara, Purbalingga, Banyumas, dan Cilacap. DAS Serayu memiliki peranan sebagai penyuplai utama air bagi kegiatan domestik, irigasi, dan pembangkit listrik. Dalam kurun beberapa tahun terakhir, kawasan ini mengalami penurunan tutupan vegetasi secara signifikan akibat perubahan lahan hutan menjadi lahan pertanian, permukiman, serta area terbuka lainnya.

Perubahan tata guna lahan yang tidak terkendali mengakibatkan peningkatan limpasan permukaan serta mempercepat proses erosi dan sedimentasi di sungai. Proses sedimentasi ini menyebabkan berkurangnya kapasitas tampung saluran air, sehingga frekuensi dan intensitas banjir di DAS Serayu semakin sering terjadi dan berdampak besar terhadap aktivitas sosial ekonomi masyarakat di sekitar daerah aliran sungai. Kejadian ini menjadi bahan pertimbangan untuk melakukan penelitian tentang analisis pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap debit banjir pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Serayu.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang di atas, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Berapa besarnya debit banjir akibat dari perubahan tata guna lahan yang terjadi di DAS Serayu pada tahun 2015, 2019 dan 2024 dengan menggunakan peta tutupan lahan dari pengamatan citra satelit USGS Landsat 8?
2. Bagaimana hubungan antara debit banjir DAS Serayu dengan perubahan tutupan lahan di daerah aliran sungai tersebut ?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian tugas akhir di DAS Serayu ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui besarnya debit banjir akibat perubahan tutupan lahan yang terjadi di DAS Serayu pada tahun 2015, 2019 dan 2024 dengan menggunakan peta tutupan lahan dari pengamatan citra satelit USGS Landsat 8.
2. Mengetahui pengaruh hubungan tutupan lahan terhadap debit banjir di DAS Serayu.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian tugas akhir ini bertujuan sebagai berikut :

1. Manfaat untuk penulis yaitu dapat menerapkan materi yang telah didapatkan dari hasil perkuliahan.
2. Memberikan wawasan dan pengetahuan tentang kondisi hidrologi yang dipengaruhi oleh banyak faktor yang saling mempengaruhi antara debit banjir dengan pengaruh perubahan tutupan lahan.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat sesuai rencana, maka ditentukan batasan masalahnya adalah sebagai berikut.

1. Penelitian dilakukan pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Serayu dan hanya ditekankan untuk menganalisis debit banjir akibat adanya perubahan tutupan lahan di DAS Serayu.
2. Melakukan pengambilan data tentang curah hujan melalui Stasiun Hujan Kalisapi, Kranji Purwokerto, dan Singomerto
3. Data tutupan lahan yang digunakan yaitu tahun 2015, 2019 dan 2024 dari pengamatan citra satelit USGS Landsat 8.
4. Perhitungan debit banjir dengan menggunakan metode analisis Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) metode Nakayasu dan Metode *SCS (Soil Conversion Service)*
5. Tidak menganalisis faktor ekonomi maupun sosial akibat dari perubahan tutupan lahan tersebut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Sebagai acuan dan referensi penelitian, pada BAB II ini akan dijelaskan mengenai hasil penelitian sejenis dan penelitian terdahulu. Hal ini untuk menghindari terjadinya duplikasi penelitian serta untuk mengetahui posisi penelitian yang akan dilakukan.

2.2 Penelitian Terdahulu

2.2.1 Pengaruh Hubungan Tata Guna Lahan Dengan Debit Banjir Pada Daerah Aliran Sungai Malalayang

Perubahan tata guna lahan diketahui berpengaruh terhadap respon hidrologi suatu daerah aliran sungai, khususnya terhadap peningkatan debit banjir. Perubahan lahan vegetasi menjadi kawasan terbangun menyebabkan berkurangnya kemampuan infiltrasi tanah dan meningkatnya limpasan permukaan. Hubungan antara perubahan penggunaan lahan dan debit banjir dapat dianalisis menggunakan pendekatan statistik untuk mengetahui kontribusi masing-masing jenis lahan terhadap debit sungai (Halim, 2014).

Metodologi penelitian ini menggunakan analisis regresi berganda dengan melibatkan variabel independen seperti luas hutan, lahan terbangun, curah hujan, serta topografi wilayah. Data dikumpulkan dari instansi meteorologi dan kehutanan untuk menganalisis perubahan penggunaan lahan selama beberapa tahun dan pengaruhnya pada debit banjir. Persamaan matematis yang dihasilkan digunakan untuk memodelkan korelasi antara variabel hidrologi dan penggunaan lahan.

Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan linier positif antara pertambahan lahan terbangun dan kenaikan debit sungai. Persamaan hubungan debit dan penggunaan lahan yang diperoleh adalah $y = -23059,98 + 4,995x_1 +$

$4,991x_2 + 4,992x_3$. Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan linier positif antara peningkatan luas lahan terbangun dan debit banjir tahunan (Halim, 2014).

2.2.2 Prediksi Peningkatan Debit Puncak Sungai Serayu Berdasarkan Perubahan Penggunaan Lahan

Perubahan penggunaan lahan berpengaruh signifikan terhadap peningkatan debit puncak banjir pada DAS Serayu, yang ditunjukkan melalui simulasi skenario perubahan tutupan lahan (Marhendi & Pramono, 2019).

Dalam penelitian ini, digunakan metode analisis spasial menggunakan perangkat lunak *ArcGIS 10.3* untuk mendeteksi perubahan tata guna lahan selama periode 2011–2016. Proses prediksi debit dilakukan dengan pendekatan model statistik hidrologi berdasarkan data curah hujan dan debit yang diamati. Data spasial digunakan untuk menghitung perubahan area vegetasi dan aliran permukaan, sedangkan data klimatologi digunakan untuk mendukung kalibrasi model debit sungai.

Dari penelitian ini, diperoleh bahwa luas vegetasi di DAS Serayu berkurang sebesar 9,46%, sementara area non-vegetatif meningkat hingga 44,46%. Penurunan kualitas lahan ini berdampak pada peningkatan debit puncak banjir dari 655,55 m³/detik pada tahun 2017 menjadi 781,53 m³/detik pada tahun 2026. Penelitian ini menegaskan bahwa perubahan tata guna lahan berperan besar dalam meningkatkan debit rencana sungai dan diperlukan pengelolaan berbasis konservasi untuk mengendalikan dampak tersebut.

2.2.3 Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Debit Banjir Pada Daerah Aliran Sungai Cilangla

Perubahan tutupan lahan juga memengaruhi karakteristik hidrograf banjir, seperti waktu puncak dan besarnya debit maksimum. Analisis menggunakan citra Landsat dan metode Hidrograf Satuan Sintetis menunjukkan bahwa perubahan nilai Curve Number (CN) akibat perubahan penggunaan lahan dapat meningkatkan debit puncak banjir, meskipun perubahan nilai CN relatif kecil (Fauzi, 2022).

Metode analisis yang digunakan meliputi analisis tutupan lahan dengan citra Landsat 8 menggunakan *supervised classification* di ArcGIS, analisis curah hujan kawasan dengan metode Thiessen, serta penentuan hujan rencana menggunakan distribusi Log Pearson III yang diuji dengan Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov. Hujan efektif dihitung menggunakan metode SCS dan distribusi hujan disusun menggunakan metode *Alternating Block Method (ABM)* serta Tadashi Tanimoto. Selanjutnya debit banjir dianalisis menggunakan Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) metode SCS dan Nakayasu untuk membandingkan perubahan debit akibat perubahan tutupan lahan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan tutupan lahan pada DAS Cilangla antara tahun 2014 dan 2019 relatif kecil, terlihat dari nilai Curve Number (CN) yang hanya meningkat dari 74,595 menjadi 74,795. Meskipun demikian, perubahan tersebut tetap memberikan dampak terhadap debit banjir. Debit banjir terbesar diperoleh menggunakan metode HSS SCS dengan distribusi hujan ABM, yaitu sebesar 1136,155 m³/s pada tahun 2014 dan meningkat menjadi 1141,708 m³/s pada tahun 2019. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun perubahan tutupan lahan tidak signifikan, peningkatan area terbangun tetap mampu meningkatkan debit puncak banjir pada DAS tersebut.

2.2.4 Analisis Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir Pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Padolo Kota Bima

Peningkatan kawasan terbangun dan penurunan lahan vegetasi menyebabkan perubahan karakteristik aliran sungai. Perubahan tersebut ditunjukkan melalui peningkatan nilai CN dan debit puncak banjir pada kondisi tata guna lahan terbaru. Hasil analisis menunjukkan adanya kenaikan debit puncak sebesar 8,18% seiring dengan peningkatan nilai CN dari 79,42 menjadi 82,47 (Ihtiar, 2024).

Metodologi ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak HEC-HMS untuk mensimulasikan perubahan debit banjir berdasarkan nilai *Curve Number (CN)* yang diperoleh dari data penggunaan lahan tahun 2014 dan 2023.

Data spasial diolah dengan metode overlay peta penggunaan lahan dan data hidrologi waktu hujan. Penghitungan debit puncak dilakukan untuk berbagai kala ulang dan perbandingan hasil dilakukan terhadap CN dari periode yang berbeda.

Hasil penelitian menunjukkan kenaikan CN dari 79,42 menjadi 82,47 yang diikuti dengan peningkatan debit puncak sebesar 8,18%. Hal ini membuktikan bahwa perubahan penggunaan lahan yang tidak terkendali meningkatkan aliran permukaan dan memperparah risiko banjir. Penelitian ini merekomendasikan penataan ulang zonasi lahan dengan memperluas area infiltrasi dan memperkuat vegetasi di daerah hulu sungai.

2.2.5 Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan terhadap Debit Banjir pada DAS Cibanten

Tutupan lahan vegetatif memiliki peran penting dalam mengendalikan limpasan permukaan dan debit banjir. Penurunan luas vegetasi hutan menyebabkan peningkatan debit banjir dan memperbesar potensi banjir di wilayah hilir. Oleh karena itu, pengendalian perubahan tata ruang dan konservasi lahan vegetatif sangat diperlukan untuk menjaga stabilitas hidrologi suatu DAS (Wisanggeni, 2024).

Metodologi ini dilakukan dengan analisis citra satelit *Landsat* multitemporal (2013, 2019, dan 2021) untuk mendeteksi perubahan tata guna lahan dengan bantuan perangkat lunak ArcGIS. Analisis debit banjir dilakukan menggunakan metode rasional, dengan input curah hujan 10 tahun terakhir dan koefisien limpasan yang dihitung berdasarkan klasifikasi lahan. Data curah hujan diambil dari BBWS Cidanau–Ciujung–Cidurian dan interpretasi data spasial difokuskan pada perubahan lahan dari vegetatif menjadi non-vegetatif di sekitar wilayah Serang.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa luas lahan permukiman bertambah 0,92%, area industri meningkat 1,53%, sedangkan lahan pertanian berkurang 19,24%. Nilai koefisien limpasan meningkat dari 0,319 pada tahun 2013 menjadi 0,357 pada tahun 2021, menandakan peningkatan limpasan permukaan yang signifikan. Peningkatan debit banjir akibat alih fungsi lahan ini memperkuat bukti

bahwa pengendalian tata ruang dan konservasi lahan vegetatif sangat penting bagi stabilitas hidrologi DAS Cibanten.

2.3 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Diusulkan

Penelitian yang akan dilakukan peneliti pada saat ini memiliki perbedaan dengan penelitian – penelitian sebelumnya. Perbedaan tersebut dapat dilihat pada table penelitian terdahulu pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian yang Telah Dilakukan dengan yang Dilakukan

Penelitian Terdahulu						Penelitian yang Dilakukan Sekarang
Aspek	Fuad Halim (2014)	Teguh Marhendi & Anggit Aji Pramono (2019)	M. Rizal Fauzi (2022)	Rizky Alfatihatul Ihtiar (2024)	Dewi H. Wisanggeni (2024)	Sekar Arum Nurussyifa (2025)
Judul Penelitian	Pengaruh Hubungan Tata Guna Lahan dengan Debit Banjir pada Daerah Aliran Sungai Malalayang	Prediksi Peningkatan Debit Puncak Sungai Serayu Berdasarkan Perubahan Penggunaan Lahan	Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Debit Banjir Pada Daerah Aliran Sungai Cilangla	Analisis Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan terhadap Debit Banjir pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Padolo Kota Bima	Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan terhadap Debit Banjir pada DAS Cibanten	Analisis Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Pada Debit Banjir Rancangan Di DAS Serayu
Lokasi Penelitian	DAS Malalayang (Sulawesi Utara)	DAS Serayu Hulu (Jawa Tengah)	DAS Cilangla	DAS Padolo (Kota Bima, NTB)	DAS Cibanten (Serang, Banten)	DAS Serayu

Lanjutan Tabel Perbandingan Penelitian yang Telah Dilakukan dengan yang Dilakukan

Penelitian Terdahulu						Penelitian yang Dilakukan Sekarang
Aspek	Fuad Halim (2014)	Teguh Marhendi & Anggit Aji Pramono (2019)	M. Rizal Fauzi (2002)	Rizky Alfatihatul Ihtiar (2024)	Dewi H. Wisanggeni (2024)	Sekar Arum Nurussyifa (2025)
Metode dan Tahap Penelitian	Analisis regresi berganda	Analisis spasial (ArcGIS 10.3) dan model statistik hidrologi.	Tutupan lahan menggunakan landsat 8, metode Thiessen dan distribusi Log Pearson II, metode Mononobe dan debit banjir metode Nakayasu dan SCS.	Simulasi HEC-HMS berbasis Curve Number (CN).	Analisis citra Landsat multitemporal dan metode rasional.	Tutupan lahan menggunakan landsat 8, metode Thiessen dan distribusi terpilih, metode Mononobe dan debit banjir metode Nakayasu dan SCS
Hasil Penelitian	Terdapat hubungan linier positif antara peningkatan lahan terbangun dan debit sungai; persamaan regresi: $y = -23059.98 + 4.995x_1 + 4.991x_2 + 4.992x_3$.	Vegetasi berkurang 9,46%, lahan non-vegetatif naik 44,46%; debit puncak meningkat dari 655,55 m ³ /det (2017) menjadi 781,53 m ³ /det (2026).	Kenaikan debit puncak banjir dari 1136,155 m ³ /s menjadi 1141,708 m ³ /s.	Nilai CN meningkat dari 79,42 menjadi 82,47; debit puncak naik 8,18%.	Permukiman naik 0,92%, industri naik 1,53%, pertanian turun 19,24%; koefisien limpasan meningkat dari 0,319 menjadi 0,357.	debit banjir terbesar diperoleh dengan metode Hidrograf Satuan Sintetis SCS dengan distribusi hujan Tadashi Tanimoto, yaitu sebesar 3.183,11 m ³ /detik pada tahun 2015, 3.183,06 m ³ /detik pada tahun 2019, dan 3.186,52 m ³ /detik pada tahun 2024.

2.4 Keaslian Penelitian

Berdasarkan tinjauan pustaka terhadap penelitian-penelitian sebelumnya, terdapat perbedaan mendasar antara penelitian ini dengan penelitian terdahulu. Perbedaan tersebut terletak pada lokasi penelitian yang berada di DAS Serayu. Di lokasi tersebut belum ada penelitian yang sama dengan penelitian dilakukan. Hal lainnya memiliki beberapa persamaan seperti beberapa metode pada analisis curah hujan dan analisis tutupan lahan menggunakan software QGIS untuk melakukan analisis tutupan lahan

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Bab ini akan menjelaskan mengenai hal-hal yang dijadikan dasar untuk penelitian. Pedoman dan teori yang digunakan untuk memperjelas masalah yang telah dirumuskan dan teori dijadikan sebagai referensi dalam menyusun instrumen penelitian.

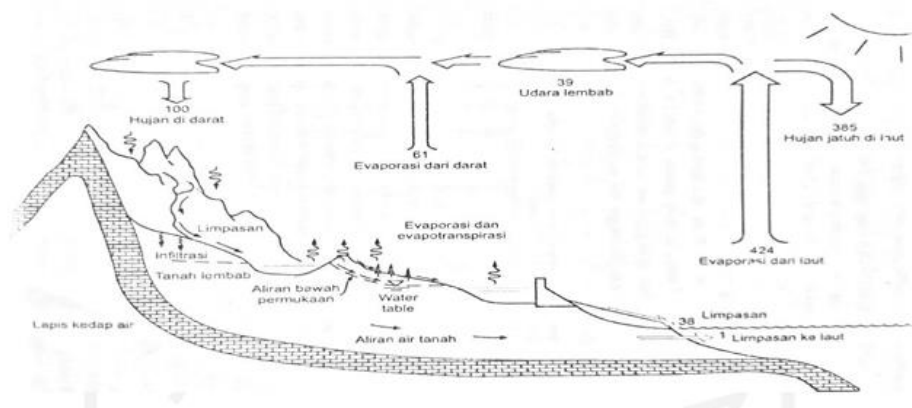
3.2 Hidrologi

Hidrologi adalah sebuah cabang ilmu dalam bidang teknik sipil yang mempelajari tentang air di bumi, mencakup keberadaannya, pergerakannya, distribusinya, serta interaksinya dengan lingkungan hidup di atmosfer, permukaan tanah, dan bawah permukaan tanah. Hidrologi adalah ilmu yang berhubungan dengan siklus air (daur hidrologi) dan proses-proses yang menyertainya, mulai dari presipitasi (hujan), infiltrasi, aliran permukaan (*runoff*), evapotranspirasi, hingga penyimpanan air di dalam tanah dan lautan (Soemarto, 1987).

Siklus hidrologi adalah proses air yang bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi lagi. Proses siklus hidrologi berlangsung ketika air dari permukaan bumi seperti tanah, sungai, danau, maupun laut mengalami penguapan akibat panas matahari dan naik ke lapisan atmosfer. Uap air tersebut kemudian mengalami pendinginan dan berubah menjadi butir-butir air melalui proses kondensasi yang membentuk awan. Selanjutnya, butiran air di awan akan jatuh kembali ke permukaan bumi dalam bentuk hujan. Sebagian air hujan akan tertahan oleh vegetasi melalui proses intersepsi, sedangkan sisanya mencapai permukaan tanah. Air hujan yang jatuh ke tanah sebagian akan meresap ke dalam tanah melalui proses infiltrasi, sementara sebagian lainnya mengalir di atas permukaan sebagai aliran permukaan (*surface runoff*) yang kemudian mengalir menuju cekungan, sungai, dan laut. Air yang telah meresap ke dalam tanah akan bergerak lebih dalam melalui proses perkolasi, mengisi lapisan air tanah, dan pada akhirnya keluar

kembali ke permukaan dalam bentuk mata air atau mengalir ke sungai yang bermuara ke laut.

Proses tersebut berlangsung terus menerus, sehingga aspek hidrologi sangat tergantung pada perubahan penggunaan lahan (penggundulan hutan, perubahan lahan sawah menjadi pemukiman, perubahan hutan menjadi sawah) dan tergantung pada perubahan penutup permukaan tanah (dari tanah atau rumput menjadi aspal atau beton). Siklus hidrologi dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Siklus Hidrologi

Sumber (Triatmodjo, 2008)

3.3 Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sebuah sistem komputer yang dirancang untuk mengelola data bereferensi keruangan atau spasial, yaitu data yang memiliki informasi lokasi tertentu di permukaan bumi. SIG memungkinkan pengguna untuk mengumpulkan, menyimpan, mengelola, menganalisis, dan memvisualisasikan data geografis dengan berbagai tujuan, seperti pemetaan, pemantauan lingkungan, perencanaan penggunaan lahan, dan pengambilan keputusan ruang.

Burrough (1986) menerangkan, SIG adalah sistem yang digunakan untuk memasukan, menyimpan, mengelola, menganalisis, dan mengaktifkan kembali data spasial guna mendukung berbagai tujuan pemetaan dan perencanaan. Sementara, menurut Arronoff (1989), SIG memiliki kemampuan untuk memanipulasi,

menganalisis, dan menghasilkan output berbasis keruangan yang bermanfaat sebagai acuan dalam pengambilan keputusan terkait masalah geografi.

3.4 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan suatu wilayah daratan yang secara topografi dibatasi oleh punggung-punggung gunung atau perbukitan, ketika seluruh air hujan yang jatuh di wilayah tersebut akan mengalir dan bermuara melalui sungai utama menuju satu titik keluar, seperti danau ataupun laut. DAS berfungsi menampung, menyimpan, dan menyalurkan air hujan, serta membawa sedimen, unsur hara, dan material lain yang terlarut di dalamnya sebagai bagian dari sistem hidrologi alami.

DAS adalah sebuah ekosistem yang terdiri dari unsur fisik (tanah, air, vegetasi), kimia (unsur hara, senyawa organik), dan manusia sebagai pemanfaat serta pengelola sumber daya (Asdak, 2002). Interaksi antara unsur-unsur ini membentuk keseimbangan inflow dan outflow, sehingga sangat berpengaruh untuk perencanaan sumber daya air, pengendalian erosi, dan mitigasi banjir. Fungsi utama DAS sendiri terdiri atas tiga aspek utama, yaitu sebagai area penangkapan air (*catchment area*), area penyimpanan air (*water storage*), dan penyalur air ke sistem sungai (*distribution water*).

3.5 Tutupan lahan

Tutupan lahan (*land cover*) adalah kondisi biofisik permukaan bumi yang tampak secara kasat mata, termasuk elemen alami seperti vegetasi, perairan, tanah terbuka, atau unsur buatan seperti bangunan dan permukiman yang tercipta akibat aktivitas manusia. Dalam penginderaan jauh dan pemetaan spasial, tutupan lahan merujuk pada kenampakan fisik atau visual permukaan bumi tanpa mempertimbangkan fungsi atau aktivitas manusia terhadap lahan tersebut. Hal ini membedakan tutupan lahan dari penggunaan lahan (*land use*), yang berkaitan dengan bagaimana manusia memanfaatkan dan mengelola permukaan tanah untuk tujuan tertentu, misal pertanian, permukiman, industri, dan sebagainya.

Tutupan lahan dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori, yaitu lahan terbangun dan lahan tidak terbangun (Sugiarto, 2018). Lahan terbangun meliputi

wilayah yang telah mendapat campur tangan manusia, seperti permukiman, area komersial, industri, jalan, dan infrastruktur lain; sedangkan lahan tidak terbangun terdiri dari sawah, kebun, hutan, padang rumput, perairan, serta lahan terbuka alami. SNI 7645 (2010) juga mendefinisikan tutupan lahan sebagai hasil aktivitas dan perlakuan manusia maupun proses alami yang terlihat pada permukaan bumi dalam bentuk bentang alam maupun buatan. Perubahan tutupan lahan sendiri adalah peralihan karakteristik fisik permukaan tanah dari satu bentuk ke bentuk lain, misalnya dari hutan menjadi permukiman, yang umumnya disebabkan oleh pertumbuhan penduduk dan perkembangan sosial ekonomi.

3.6 Citra Satelit Landsat

Citra satelit landsat adalah salah satu citra satelit sumber daya alam tertua di bumi milik NASA (National Aeronautics and Space Administration) yang memiliki resolusi spasial 30 m x 30 meter (kecuali saluran inframerah thermal), dan merekam dalam 7 saluran spektral. Seri satelit Landsat terus mengalami pembaruan teknologi dari masa ke masa, dengan generasi terbaru yaitu Landsat 8 dan 9 yang membawa instrumen sensor canggih seperti Operational Land Imager (OLI) dan Thermal Infrared Sensor (TIRS).

3.6.1 Karakteristik Citra Satelit Landsat 8

Landsat 8 adalah penyempurnaan dari Landsat 7 memiliki unsur penyempurnaan yang terletak pada nilai bit dari tiap piksel citra, rentang spektrum yang dapat ditangkap sensor, dan jumlah band. Landsat 8 mengorbit bumi pada ketinggian 705 km dengan kemampuan merekam citra permukaan bumi secara periodik (setiap 16 hari) pada area seluas 185 km x 185 km per *scene*. Karakteristik Landsat 8 dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Spesifikasi Kanal Landsat 8

No. Kanal	Kanal	Kisaran Spektral (nm)	Jenis Data	GSD (resolusi spasial)	Radiance (W/m ² srμm), typical	SNR (typical)
1	Biru	433-453	<i>Aerosol/coastal zone</i>	30 m	40	130
2	Biru	450-515	<i>Pigment/scatter/coastal</i>	30 m	40	130
3	Hijau	526-600	<i>Pigment/coastal</i>	-	30	100
4	Merah	630-680	<i>Pigment/coastal</i>	-	22	90
5	Infra merah dekat	845-885	<i>Foliage/coastal</i>	-	14	90
6	SWIR 2	1560 1660	<i>Foliage</i>	-	4.0	100
7	SWIR 3	2100 2300	<i>Minerals/litter/nosscatter</i>	-	-	-
8	PAN	500-680	<i>Image sharpening</i>	15 m	23	80
9	SWIR	1360 1390	<i>Cirruscloud detection</i>	30 m	6.0	130

Sumber : (United States Geological Survey)

3.7 Klasifikasi Citra Satelit Landsat

Klasifikasi citra satelit merupakan proses pengelompokan piksel, area, atau objek pada citra digital ke dalam kelas-kelas tertentu berdasarkan karakteristik spektral dan spasial yang dimiliki. Dalam konteks citra satelit Landsat, klasifikasi digunakan terutama untuk membedakan tipe tutupan lahan, seperti vegetasi, permukiman, perairan, pertanian, dan tanah terbuka. Tujuan utama dari klasifikasi adalah menghasilkan peta tematik yang mengidentifikasi distribusi kelas tutupan lahan pada wilayah kajian secara akurat dan konsisten. Klasifikasi citra satelit pada Landsat 8 menjadi lebih mudah memakai bantuan *software* QGIS. Kombinasi band yang dipakai untuk klasifikasi citra satelit pada Landsat 8 dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Kombinasi Band Citra Landsat

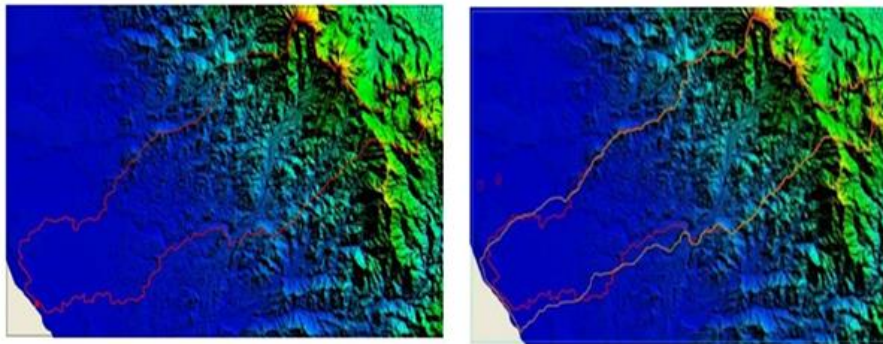
Aplikasi / Tutupan Lahan	Band 8			Aplikasi / Tutupan Lahan	Band 8		
	R	G	B		R	G	B
<i>Natural color</i>	4	3	2	<i>Shortwave infrared</i>	7	5	4
<i>False color (urban)</i>	7	6	4	<i>Vegetation analysis</i>	6	5	4
<i>Color infrared (vegetation)</i>	5	4	3	<i>Natural with atmospheric removal</i>	7	5	3
<i>Agriculture</i>	6	5	2	<i>Healthy vegetation</i>	5	6	2
<i>Atmospheric penetration</i>	7	6	5	<i>Land / water</i>	5	6	2

Sumber : (Geosis, 2017)

3.8 Delineasi Batas Daerah Aliran Sungai (DAS)

Delineasi batas Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah proses penentuan dan pemetaan garis batas suatu DAS, yang membatasi seluruh wilayah daratan ketika air hujan yang jatuh akan dikumpulkan dan dialirkan menuju sungai utama hingga ke titik keluaran (outlet) sungai tersebut. Penentuan batas DAS sangat penting untuk berbagai analisis hidrologi, seperti perencanaan manajemen sumber daya air, analisis banjir, serta perhitungan bentuk hidrograf dan debit puncak sungai pada wilayah tertentu.

Batas DAS yang belum dibuat sama sekali atau ingin membuat ulang, maka delineasi batas DAS bisa dilakukan dari awal secara otomatis dengan menggunakan data Digital Elevation Model (DEM) dan bantuan operasi data raster serta bantuan Sistem Informasi Geografis (SIG). Hasil gambar delineasi DAS dengan menggunakan data DEM dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Tampilan DEM (kiri) dan Hasil Delineasi (kanan)

Sumber : (Gunawan, 2011)

3.8.1 *Digital Elevation Model (DEM)*

Digital Elevation Model (DEM) merupakan sistem dan metode digital yang digunakan untuk mengumpulkan, memproses, serta menyajikan informasi bentuk permukaan atau medan bumi secara tiga dimensi. Dengan DEM, ketinggian setiap titik permukaan tanah dapat direpresentasikan di dalam basis data geospasial yang sangat berguna untuk berbagai analisis topografi maupun aplikasi grafis komputer.

3.8.2 Tahapan Delineasi DAS

Adapun langkah-langkah delineasi DAS adalah sebagai berikut.

1. Melakukan akuisisi data *Digital Elevation Model (DEM)* yang berisi informasi ketinggian permukaan pada wilayah studi.
2. Menentukan arah aliran antar-piksel dengan membandingkan ketinggian suatu piksel terhadap delapan piksel di sekelilingnya untuk mengetahui ke mana air akan mengalir dari setiap titik.
3. Menghitung akumulasi aliran air, yaitu penelusuran kumpulan aliran dari berbagai piksel yang selanjutnya membentuk pola arah aliran baru dan memperkirakan area yang berpotensi menjadi sungai.

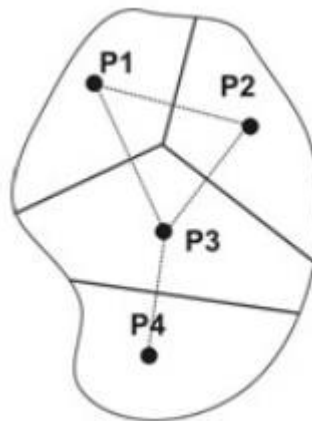
4. Mengekstraksi atau menampilkan garis sungai aktual menggunakan hasil dari akumulasi aliran tersebut dengan memanfaatkan analisis spasial pada perangkat lunak GIS, contohnya dengan *raster calculator*.

3.9 Analisis Curah Hujan Kawasan

Analisis curah hujan kawasan bertujuan untuk memperoleh besar curah hujan dan analisis statistik yang diperhitungkan dalam debit banjir rencana. Metode untuk menentukan curah hujan kawasan menggunakan metode poligon Thiessen.

3.9.1 Metode Poligon Thiessen

Metode ini menghitung bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Meskipun belum dapat memberikan bobot yang tepat sebagai kontribusi satu stasiun hujan untuk hujan daerah, metode ini telah memberikan bobot tertentu kepada masing-masing stasiun sebagai fungsi jarak stasiun hujan.



Gambar 3. 3 Metode Poligon Thiessen

Pembentukan Poligon Thiessen dilakukan dengan memetakan titik-titik stasiun hujan pada peta, kemudian menghubungkan stasiun-stasiun yang berdekatan dengan garis lurus sehingga terbentuk jaringan segitiga. Dari setiap garis penghubung dua stasiun, ditarik garis tegak lurus di titik tengahnya (*perpendicular bisector*) sehingga garis-garis tersebut saling berpotongan dan membentuk batas poligon yang mengelilingi masing-masing stasiun.

Persamaan untuk menentukan curah hujan rerata dengan metode ini adalah sebagai berikut.

$$\bar{P} = \frac{A_1 P_1 + A_2 P_2 + \dots + A_n P_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (3.1)$$

dengan :

$\bar{P}$ = hujan rerata kawasan (mm)

P_n = hujan pada stasiun n (mm)

A_n = luas daerah yang mewakili stasiun n (km²)

3.9.2 Tahapan Pembuatan Poligon Thiessen

1. Menyiapkan file koordinat dalam excel dengan *format csv* kemudian *insert* file tersebut menjadi *vector point*.
2. Menggunakan alat *Voronoi polygons* di QGIS. Pastikan proyeksi (CRS) konsisten dengan shapefile DAS.
3. Memotong poligon Thiessen dengan batas DAS agar bobot tiap stasiun hanya pada area DAS.
4. Menghitung luas tiap poligon.

3.10 Analisis Frekuensi Curah Hujan

Analisis frekuensi adalah suatu analisis hidrologi untuk menentukan kemungkinan tinggi hujan yang terjadi dalam kala ulang tertentu yang biasa disebut hujan rencana. Secara sistematis metode analisis frekuensi perhitungan hujan rencana yaitu parameter statistik, periode ulang, penentuan jenis distribusi probabilitas yang terpilih dan pengujian Chi-Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov.

3.10.1 Parameter Statistik

Parameter statistik yang digunakan dalam analisis meliputi nilai rata-rata ($\bar{x}$), standar deviasi (S_d), koefisien variasi (C_v), koefisien kemiringan/*skewness* (C_s), dan koefisien kurtosis (C_k). Nilai-nilai tersebut diperoleh melalui tahapan perhitungan sebagai berikut.

1. Nilai rata-rata dari parameter statistik dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} \quad (3.2)$$

Keterangan:

$\bar{x}$: Nilai rata-rata curah hujan

X_n : Data ke n
 n : Banyak Data

2. Standar Deviasi

Standar deviasi adalah perhitungan sebaran yang paling banyak digunakan. Apabila sebaran sangat bedar terhadap nilai rata-rata maka nilai S akan besar, tetapi apabila nilai penyebaran data sangat keiel terhadap nilai rata – rata, maka nilai S akan kecil. Standar deviasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}} \quad (3.3)$$

Keterangan:

S_d : Standar deviasi,
 $\bar{x}$: Nilai rata-rata curah hujan
 x_i : Nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke-i
 n : Banyak data

3. Koefisien Variasi (C_v)

Koefisien variasi adalah perbandingan antara nilai standar deviasi dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi. Koefisien variasi dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$C_v = \frac{S}{\bar{x}} \quad (3.4)$$

Keterangan:

C_v : Koefisien variasi
 S : Standar deviasi
 $\bar{x}$: Nilai rata-rata curah hujan

4. Koefisien Kemencengan/Skewness (C_s)

Koefisien *Skewness* adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrian dari suatu bentuk distribusi. Umumnya ukuran kemencengan dinyatakan dengan besarnya koefisien kemencengan (*coefficient of skewness*), dan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)Sd^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 \quad (3.5)$$

Keterangan:

C_s : Koefisien kemencengan/*skewness*

S : Standar deviasi

$\bar{x}$: Nilai rata-rata curah hujan

x_i : Nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke-i

5. Koefisien Kurtosis (C_k)

Pengukuran Kurtosis bertujuan untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi. Biasanya hal ini dibandingkan dengan distribusi normal.

Koefisien Kurtosis dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$C_k = \frac{n}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 \quad (3.6)$$

Keterangan:

C_k : Koefisien kurtosis

S : Standar deviasi

$\bar{x}$: Nilai rata-rata curah hujan

x_i : Nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke-i

3.10.2 Pemilihan Jenis Distribusi

Pemilihan distribusi dilakukan dengan beberapa metode yaitu, distribusi Normal, distribusi Log Normal, distribusi Gumbel, dan distribusi Log Pearson III. Dalam pemilihan jenis distribusi harus memenuhi syarat parameter statistik masing masing distribusi sebagai berikut.

Tabel 3.3 Parameter Statistik Untuk Menentukan Jenis Distribusi

No	Distribusi	Syarat
1	Gumbel	$C_s = 1,14$
		$C_k = 5,4$
2	Normal	$C_s \sim 0$
		$C_k \sim 3$
3	Log Normal	$C_s = 0,514$
		$C_k = 3,474$
4	Log Pearson Tipe III	Selain dari nilai diatas

(Sumber: Triatmodjo, 2008)

1. Distribusi Normal merupakan salah satu distribusi peluang yang paling banyak digunakan dalam analisis statistika maupun hidrologi. Distribusi ini memiliki bentuk kurva simetris menyerupai lonceng (*bell-shaped curve*), dengan nilai rata-rata, median, dan modus yang sama. Dalam konteks analisis frekuensi hujan, distribusi normal digunakan untuk memodelkan data hujan maksimum apabila sebaran datanya mendekati simetris (koefisien kemencengan atau *skewness* mendekati nol).

Menurut Triatmodjo (2008), besarnya curah hujan rancangan dengan periode ulang tertentu T pada distribusi normal dapat dihitung dengan persamaan:

$$X_T = \bar{x} + K \times S \quad (3.7)$$

Keterangan:

X_T : Curah hujan rencana untuk periode ulang T (mm)

$\bar{x}$: Nilai rata-rata curah hujan maksimum (mm)

S : Standar deviasi data hujan (mm)

K : Faktor frekuensi (dari tabel distribusi frekuensi)

2. Distribusi Log Normal

Distribusi Log Normal digunakan ketika data hujan maksimum menunjukkan sebaran yang tidak simetris, terutama bila distribusi data menceng ke kanan (*positively skewed*). Menurut Soewarno (1995), data curah hujan seringkali tidak mengikuti distribusi normal, namun apabila ditransformasi ke dalam bentuk logaritma, distribusinya mendekati normal. Oleh karena itu, metode ini banyak digunakan dalam analisis frekuensi hidrologi. Secara matematis distribusi log normal dapat ditulis sebagai berikut.

$$y = \log(x) \quad (3.8)$$

Keterangan:

y : log dari hujan rencana (mm)

$\log$: log natural

x : Data R yang digunakan

3. Distribusi Log Pearson Tipe III

Distribusi Log Pearson Tipe III merupakan salah satu distribusi probabilitas yang banyak direkomendasikan untuk analisis data hidrologi, khususnya data hujan maksimum dan banjir maksimum. Distribusi ini merupakan bentuk lanjutan dari distribusi Pearson Tipe III, tetapi diaplikasikan pada data yang telah ditransformasi ke bentuk logaritma. Persamaan yang dapat dipakai dengan metode ini dapat ditulis sebagai berikut (Soewarno, 1995)

$$y = \log(x) \quad (3.9)$$

$$Y_t = \bar{Y} + K \cdot S$$

$$X_t = 10^{Y_t}$$

Keterangan:

X_t : Curah hujan rencana periode ulang T (mm)

Y_t : Nilai logaritma dari hujan rencana

$\bar{Y}$: Nilai rata – rata dari logaritma Y

S : Simpangan baku dari log Y

K : Faktor frekuensi Log Pearson Tipe III

4. Distribusi Gumbel

Distribusi Gumbel, juga dikenal sebagai *Extreme Value Type I Distribution*, digunakan secara luas untuk menganalisis data ekstrem, baik hujan maksimum maupun debit banjir maksimum. Distribusi ini menekankan pada peluang terjadinya nilai ekstrem yang jarang muncul namun berpotensi menimbulkan dampak besar. Menurut Triatmodjo (2008), persamaan yang sering digunakan Adalah sebagai berikut.

$$x = \bar{x} + K \cdot S \quad (3.10)$$

Keterangan:

X_T : Curah hujan rencana untuk periode ulang T (mm)

$\bar{x}$: Nilai rata-rata curah hujan maksimum (mm)

S : Standar deviasi data hujan (mm)

K : Faktor frekuensi (dari tabel distribusi normal)

Untuk faktor frekuensi K distribusi Gumbel dapat ditulis dengan rumus berikut.

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \quad (3.11)$$

Keterangan:

K : Faktor frekuensi gumbel

Y_t : *Reduce variate gumbel*

Y_n : *Reduce variate mean*

S_n : *Reduce variate standard deviation*

5. Uji Kecocokan Distribusi

Pengujian kecocokan distribusi digunakan untuk menguji sebaran data apakah memenuhi syarat untuk data perencanaan. Pengujian kebenaran ini dapat dilakukan dengan dua cara yaitu, Chi-Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov. Umumnya pengujian dilakukan dengan cara menggambarkan data pada kertas peluang dan menentukan apakah data tersebut merupakan garis lurus, atau dengan membandingkan kurva frekuensi dari data pengamatan terhadap kurva teoritisnya (Soewarno, 1995).

a. Uji *Chi-Kuadrat*

Uji *Chi-Kuadrat* digunakan untuk menentukan persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis didasarkan pada jumlah pengamatan yang diharapkan pada pembagian kelas dan ditentukan terhadap jumlah data pengamatan yang terbaca di dalam kelas tersebut atau dengan membandingkan nilai *Chi-Square* (x^2) dengan nilai *Chi-Square* kritis (x^2_{cr}). Uji kecocokan *Chi-Square* menggunakan rumus (Soewarno, 1995):

$$x^2 = \sum_{t=1}^N \left(\frac{Of - Ef}{Ef} \right)^2 \quad (3.12)$$

Keterangan:

x^2 : Nilai Chi-Kuadrat terhitung,

Ef : Frekuensi (banyak pengamatan) yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya,

Of : Frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama,

N : Jumlah sub kelompok dalam satu grup.

b. Uji *Smirnov Kolmogorov*

Uji *Smirnov Kolmogorov* juga disebut uji kecocokan non parametrik karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu, tetapi dengan memperhatikan kurva dan penggambaran data pada kertas probabilitas (Triatmodjo, 2008)

Rumus umum uji Smirnov Kolmogorov adalah sebagai berikut.

$$\Delta maks = |Pe - Pt| \quad (3.13)$$

Keterangan:

$\Delta maks$: Selisih maksimum antara peluang empiris dan teoritis

Pe : Peluang empiris (berdasarkan data)

Pt : Peluang teoritis (hasil distribusi)

Kriteria pengujian adalah: distribusi dapat diterima apabila nilai D hitung $\leq$ D tabel pada taraf signifikansi tertentu (umumnya $\alpha = 5\%$). Distribusi yang memenuhi kriteria ini dianggap sebagai distribusi terbaik yang dapat digunakan untuk menentukan curah hujan rencana.

3.10.3 Hujan Efektif dengan Metode SCS

Perhitungan hujan efektif memakai cara dari the *soil conversion service* (SCS) yang mempunyai persamaan seperti berikut ini.

$$Pe = \frac{(P - 0,2 \times S)^2}{(P + 0,8 \times S)} \quad (3.14)$$

Dimana nilai parameter S dapat dicari menggunakan persamaan seperti berikut.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (3.15)$$

Keterangan:

Pe : Kedalaman *effective rainfall* (mm)

P : Kedalaman *rainfall* (mm)

S : Retensi potensi paling besar air pada tanah

CN : *Curve Number*

Karakter suatu DAS memuat jenis suatu tanah, tataguna suatu lahan, kelembapan tanah tersebut serta bagaimana tanah tersebut dikerjakan merupakan parameter yang mempengaruhi besarnya *curve number* (CN). Untuk besaran CN berdasarkan tataguna suatu lahan bisa dicari melalui Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4 Besarnya *Curve Number* (CN) Sesuai Jenis Lahan atau Tanah

Kategori	Subkategori	A	B	C	D
Lahan yang ditanami & diolah	Melalui konservasi	72	81	88	91
Lahan yang ditanami & diolah	Bukan konservasi	62	71	78	81
Padang rumput	Kondisi buruk	68	79	86	89
Padang rumput	Kondisi baik	30	58	71	78
Hutan	Jarang tumbuhan & penutupan jelek	45	66	77	83
Hutan	Penutupan baik	25	55	70	77
Tempat terbuka/halaman berumput/lapangan golf/kuburan	Kondisi baik (rumput $\geq 75\%$)	39	61	74	80
Tempat terbuka/halaman berumput/lapangan golf/kuburan	Kondisi sedang (rumput 50–75%)	49	69	79	84
Kawasan perniagaan & bisnis	85% kedap air	89	92	94	95
Kawasan industri	72% kedap air	81	88	91	93
Permukiman	1/8 acre (~65% kedap)	71	77	90	92
Permukiman	1/4 acre (~38% kedap)	61	75	83	87
Permukiman	1/3 acre (~30% kedap)	57	72	81	86
Permukiman	1/2 acre (~25% kedap)	54	70	80	85
Permukiman	1 acre (~20% kedap)	51	68	79	84
Perkerasan	Jalan/parkir beraspal/atap/driveway	98	98	98	98
Perkerasan	Jalan beraspal dengan drainase	83	89	92	94
Perkerasan	Jalan kerikil	76	85	89	91
Perkerasan	Jalan tanah	72	82	87	89

Sumber: Triadmodjo (2008)

Berdasarkan Tabel di atas, jenis tanah dikelompokkan menjadi beberapa kelompok klasifikasi antara lain seperti pada Tabel 3.5 berikut.

Tabel 3.5 Klasifikasi Kelompok Tanah

Kelompok Jenis Tanah	Karakteristik
Kelompok Tanah A	Potensi limpasan kecil, laju infiltrasi tinggi
Kelompok Tanah B	Potensi limpasan sedang, laju infiltrasi menengah. Tanah agak asam, berwarna kemerahan, bertekstur agak lempung. Cocok untuk perkebunan, campuran pertanian & hutan.
Kelompok Tanah C	Potensi limpasan cukup tinggi, laju infiltrasi lambat. Tanah berat (liat), mudah retak saat kering, sulit diolah. Umumnya kurang subur, cocok untuk tanaman keras atau lahan gembala.
Kelompok Tanah D	Potensi limpasan tinggi, laju infiltrasi sangat lambat. Tanah sangat liat atau masam, tersusun butir halus (<i>clay/kolloid</i>)

3.10.4 Intensitas Hujan Metode Mononobe

Distribusi hujan jam-jaman merupakan salah satu tahapan penting dalam analisis hidrologi untuk mendapatkan sebaran curah hujan rancangan dalam interval waktu yang lebih kecil. Hal ini diperlukan karena data hujan rancangan umumnya tersedia dalam bentuk hujan harian maksimum, sedangkan dalam perhitungan hidrograf banjir rencana dibutuhkan hujan dengan resolusi jam-jaman sebagai input. Salah satu metode empiris yang sering digunakan adalah

Metode Mononobe (Asdak, 2010; Suripin, 2004). Persamaannya sebagai berikut:

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (3.16)$$

Keterangan:

I_t : Intensitas hujan rata-rata untuk durasi t (mm/jam)

R_{24} : Curah hujan rencana 24 jam (mm)

t : Durasi hujan (jam)

Persamaan tersebut memberikan hubungan antara intensitas hujan untuk berbagai durasi dengan hujan rencana 24 jam. Dari hasil perhitungan, nilai intensitas kemudian dapat disusun dalam bentuk distribusi hujan jam-jaman yang menggambarkan bagaimana curah hujan turun sepanjang periode hujan. Dalam hal ini lamanya curah hujan atau durasi hujan sama dengan waktu konsentrasi (t_c). Nilai waktu konsentrasi (t_c) ditentukan menggunakan persamaan Kirpich seperti berikut:

$$t_c = \frac{0,06628L^{0,77}}{S^{0,385}} \quad (3.17)$$

Keterangan:

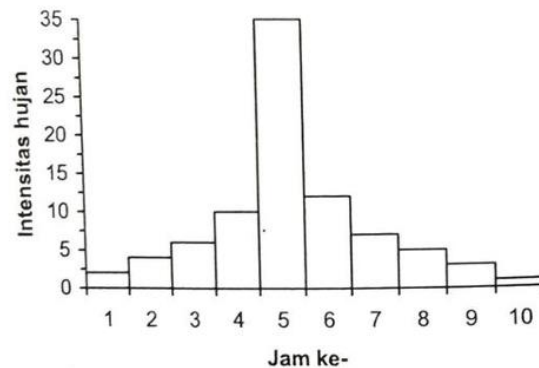
t_c : Waktu konsentrasi (jam)

l : Panjang sungai utama (km)

S : Kemiringan Lahan

3.10.5 Distribusi Hujan Metode Alternating Block Method (ABM)

Alternating Block Method (ABM) merupakan cara sederhana untuk membuat *hyetograph* rencana dari kurva IDF (Triatmodjo, 2008). *Hyetograph* adalah distribusi hujan rancangan menjadi kedalaman hujan jam-jaman. *Hyetograph* rencana dalam metode ini adalah hujan yang terjadi dalam n rangkaian interval waktu yang berurutan dengan durasi Δt selama waktu $Td = n \Delta t$. Kedalaman hujan diperoleh dari perkalian antara intensitas hujan dan durasi waktu. Perbedaan antara nilai kedalaman hujan yang berurutan merupakan pertambahan hujan dalam interval waktu Δt . Mengikuti cara tersebut, *hyetograph* rencana akan terbentuk, seperti pada Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.4 Hyetograph dengan Alternating Block Method
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2008)

3.11 Hidrograf Satuan Sintesis

Hidrograf satuan sintetis (HSS) adalah hidrograf satuan yang dibentuk berdasarkan pendekatan empiris, sehingga dapat digunakan untuk memperkirakan respon aliran sungai terhadap hujan efektif meskipun data pengamatan hidrograf tidak tersedia. Dalam menganalisis digunakan metode HSS Nakayasu, dan SCS.

3.11.1 Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu

HSS Nakayasu banyak diaplikasikan karena sederhana, mudah digunakan, serta memberikan hasil yang cukup representatif untuk DAS kecil hingga menengah. Hidrograf ini menggambarkan hubungan antara hujan efektif dan debit aliran, dengan karakteristik utama berupa waktu menuju puncak, debit puncak, dan waktu dasar hidrograf.

Menurut Soemarto (1995) dan Suripin (2004), parameter dasar HSS Nakayasu dapat dihitung dengan persamaan berikut:

1. Waktu Menuju Puncak (T_p)

$$T_p = T_g + 0,8 \times T_r \quad (3.17)$$

Keterangan:

T_p : Waktu menuju debit puncak (jam)

T_g : Waktu konsentrasi (jam)

T_r : Durasi hujan efektif (jam)

2. Waktu Dasar Hidrograf (T_b)

$$T_b = 3 \times (T_p + T_r) \quad (3.18)$$

Dengan T_b adalah waktu total banjir, dihitung dari awal hingga akhir hidrograf (jam)

3. Debit Puncak (Q_p)

$$Q_p = \frac{A \times R_c}{3.6 \times (0.3T_p + T_r)} \quad (3.19)$$

Keterangan:

Q_p : Debit puncak (m^3/s)

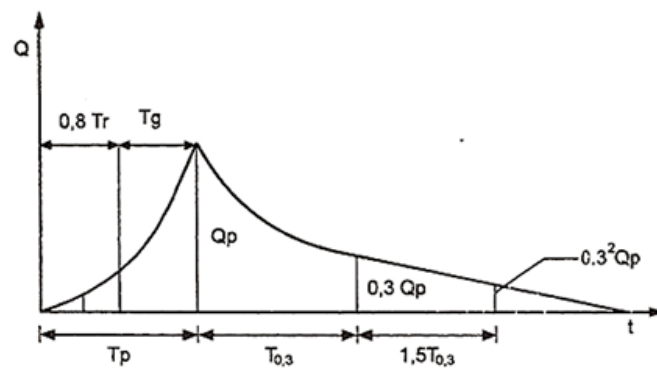
R_c : Curah hujan efektif (1mm)

A : Luas DAS (km^2)

R : Hujan efektif (mm)

T_p : Waktu menuju puncak (jam)

T_r : Durasi hujan efektif (jam)



Gambar 3.5 Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu

(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2008)

Bentuk hidrograf satuan diberikan oleh persamaan berikut:

1. Pada saat kurva naik ($0 < t < T_p$)

$$Q_t = Q_p \times \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2.4} \quad (3.20)$$

2. Pada kurva turun ($T_p < t < T_p + T_{0.3}$)

$$Q_t = Q_p \times 0.3^{[(t-T_p)/T_{0.3}]} \quad (3.21)$$

3. Pada kurva turun ($T_p + T_{0.3} < t < T_p + 1.5 T_{0.3}$)

$$Q_t = Q_p \times 0.3^{[(t-T_p)+0.5T_{0.3}]/(1.5T_{0.3})} \quad (3.22)$$

4. Pada kurva turun ($t > T_p + T_{0.3} + 1.5 T_{0.3}$)

$$Q_t = Q_p \times 0.3^{[(t-T_p)+1.5 \times T_{0.3}+1.5 T_{0.3}]} \quad (3.23)$$

Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu dibentuk dari garis naik (*rising limb*) yang relatif cepat hingga mencapai debit puncak, kemudian diikuti garis turun (*recession limb*) yang lebih landai. Bentuk asimetris ini mencerminkan kondisi banjir alami pada kebanyakan DAS di Indonesia.

Metode HSS Nakayasu memiliki kelebihan karena dapat digunakan pada DAS dengan data terbatas dan relatif mudah diterapkan dalam perhitungan manual maupun perangkat lunak hidrologi. Namun, sebagai metode empiris, hasilnya perlu ditinjau kembali dengan kondisi lapangan agar tidak menimbulkan perbedaan signifikan dengan karakteristik banjir yang sebenarnya.

3.11.2 Hidrograf Satuan Sintesis SCS (*Soil Conservation Service*)

Hidrograf satuan sintesis SCS merupakan hidrograf tak berdimensi yang dikembangkan berdasarkan analisis sejumlah besar hidrograf satuan dari data lapangan dengan berbagai ukuran dan lokasi DAS yang berbeda. Ordinat hidrograf satuan dapat diperoleh dari Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.6 Hidrograf Satuan Metode SCS

t/t_p	Q/Q_p	t/t_p	Q/Q_p	t/t_p	Q/Q_p	t/t_p	Q/Q_p	t/t_p	Q/Q_p
0	0	0,6	0,6	1,2	0,92	2	0,32	3,5	0,036
0,1	0,015	0,7	0,77	1,3	0,84	2,2	0,24	4	0,018
0,2	0,075	0,8	0,89	1,4	0,75	2,4	0,18	4,5	0,009
0,3	0,16	0,9	0,97	1,5	0,66	2,6	0,13	5	0,004
0,4	0,28	1	1	1,6	0,56	2,8	0,098	—	—
0,5	0,43	1,1	0,98	1,8	0,42	3	0,075	—	—

(Sumber: Triatmodjo, 2008)

Nilai debit puncak dan waktu puncak hidrograf didapatkan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$t_p = 0,6 \times t_c \quad (3.24)$$

$$Q_p = \frac{0,28A}{p_r} \quad (3.25)$$

$$p_r = \frac{t_r}{2} + t_p \quad (3.26)$$

Keterangan

Q_p = Debit puncak banjir ($m^3/detik/mm$)

p_r = Waktu puncak banjir (jam)

t_c = Waktu konsentrasi (jam)

t_r = Durasi hujan efektif (jam)

t_p = Waktu kelambatan (jam)

3.11.3 Hidrograf Banjir Rencana

Hidrograf banjir rencana merupakan gambaran respon suatu daerah aliran sungai (DAS) terhadap hujan rancangan yang digunakan sebagai dasar untuk memperkirakan besarnya debit banjir pada kala ulang tertentu. Penyusunan hidrograf banjir rencana dalam penelitian ini dilakukan melalui tahapan analisis hidrologi yang meliputi penentuan hujan rancangan, distribusi hujan, perhitungan hujan efektif, serta penggunaan hidrograf satuan sintetis (HSS).

Hidrograf banjir rencana didapat dengan memasukkan nilai waktu (t) dan hujan efektif pada setiap kala ulang dengan ordinat hidrograf satuan yang telah diperoleh.

1. Analisis Aliran Dasar (*Base Flow*)

Untuk memperkirakan aliran dasar (*base flow*), digunakan persamaan berikut dengan salah satu persamaan yang dikembangkan oleh Sri Harto (2000)

$$D = \frac{LN}{A} \quad (3.24)$$

$$Q_b = 0.475 \times A^{0.644} \times D^{0.9435} \quad (3.25)$$

Keterangan:

Q_b : *Baseflow* (m^3/s)

A : Luas DAS (km^2)

D : Kerapatan jaringan kuras

LN : Panjang sungai semua tingkat (km)

2. Analisis Debit Banjir

Perhitungan debit banjir menggunakan persamaan berikut.

$$Q_{banjir} = UH \times P_e + Q_b \quad (3.26)$$

Keterangan:

Q_{banjir} : Jumlah total debit banjir (m^3/s)

UH : Unit Hidrograf ($\text{m}^3/\text{s}/\text{mm}$)

P_e : Hujan efektif rencana dengan kala ulang tertentu (mm)

Q_b : *Baseflow* (m^3/s)

BAB IV

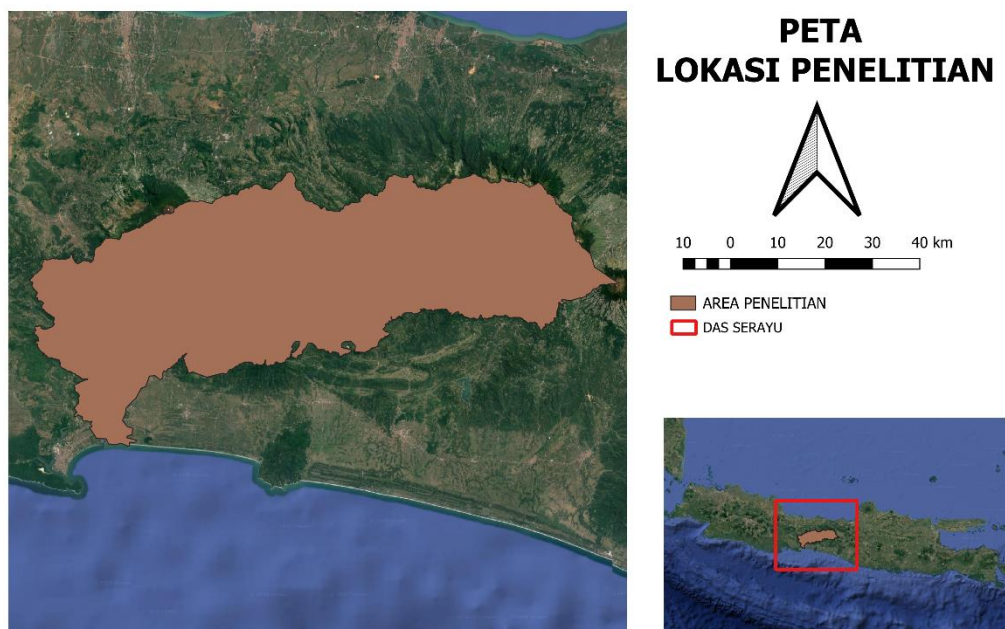
METODE PENELITIAN

4.1 Pendahuluan

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai metode penelitian. Metode penelitian adalah ketentuan mengenai metode yang akan digunakan di dalam penelitian.

4.2 Lokasi Penelitian

Lokasi studi penelitian yaitu Daerah Aliran Sungai (DAS) Serayu yang mencakup lima kabupaten: Wonosobo, Banjarnegara, Purbalingga, Banyumas, dan Cilacap.



Gambar 4.1 Lokasi Penelitian

4.3 Tahapan Penelitian

4.3.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini dikumpulkan dari beberapa sumber yang bisa diakses secara *online*. Adapun data yang digunakan dan metode yang dilakukan sebagai berikut.

1. Data Curah Hujan
Data curah hujan harian dari tahun 2015 sampai 2024 diperoleh dari *website* <https://pusdataru.jatengprov.go.id/> dalam bentuk *softfile*.
Pada penelitian ini menggunakan periode simulasi selama 10 tahun dari 2015 sampai 2024 dengan menggunakan data pada stasiun sebagai berikut.
 - a. Stasiun Hujan Kalisapi
 - b. Stasiun Hujan Kranji Purwokerto
 - c. Stasiun Hujan Singomerto
2. Data Peta Daerah Aliran Sungai (DAS)
Peta ini diperoleh dengan cara menggunakan data *Digital Elevation Model (DEM)*.
3. Batas Daerah Aliran Sungai (DAS)
Batas Daerah Aliran Sungai (DAS) diperoleh dari delineasi mandiri menggunakan kontur DEM.
4. Data Peta Tutupan Lahan
Peta tutupan lahan didapatkan dengan metode mengunduh data pengamatan citra satelit Landsat 8 yang diperoleh dari *website* USGS (*United States Geological Survey*). Peta tutupan lahan yang diamati yaitu pada tahun 2015, 2019 dan 2024 dari pengamatan citra satelit Landsat 8.
5. Data Peta Jenis Tanah Secara Hidrologi
Peta jenis tanah secara hidrologi akan didapatkan dengan metode mengunduh data hasil pengamatan yang diperoleh dari *website* ORNL DAAC (*Distributed Active Archive Center For Biogeochemical Dynamics*) yang dikelola oleh NASA (*National Aeronautics and Space Administration*)

4.3.2 Analisis Data

Pada tahapan ini data yang telah didapatkan kemudian akan dianalisis untuk mengetahui nilai-nilai yang berpengaruh pada penelitian yang akan dilakukan. Tahapan analisis data antara lain sebagai berikut.

1. Analisis Karakteristik DAS

Tahap ini bertujuan untuk menentukan luas daerah aliran sungai (DAS) serta panjang sungainya. Proses dilakukan melalui delineasi peta DAS menggunakan perangkat lunak QGIS, sehingga diperoleh peta DAS sesuai area penelitian dengan koordinat yang akurat.

2. Analisis Curah Hujan Kawasan

Analisis ini digunakan untuk menentukan rata-rata curah hujan harian di wilayah pengamatan dengan menggunakan metode Poligon Thiessen.

3. Analisis Curah Hujan Harian Maksimum

Tahapan ini bertujuan untuk mengidentifikasi data hujan ekstrem yang digunakan dalam analisis frekuensi. Data yang diambil adalah nilai hujan harian maksimum tiap tahun, dan pengolahan dilakukan dengan bantuan *Microsoft Excel*.

4. Analisis Frekuensi

Analisis ini dilakukan untuk menentukan hubungan antara besarnya kejadian ekstrem dengan frekuensi kejadiannya menggunakan distribusi probabilitas.

- a. Kala Ulang

Digunakan untuk memperkirakan besarnya hujan atau debit yang kemungkinan terjadi atau melampaui nilai tertentu dalam periode T tahun, biasanya 2, 5, 10, 20, 50, dan 100 tahun.

- b. Penentuan Jenis Distribusi

Pemilihan jenis distribusi dilakukan agar hasil perhitungan hujan rencana sesuai dengan karakteristik data. Distribusi yang digunakan meliputi Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Pearson III.

c. Uji Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov

Kedua uji ini digunakan untuk memastikan kesesuaian jenis distribusi yang dipilih terhadap data aktual.

5. Analisis Hujan Rencana

Analisis ini dilakukan untuk menentukan distribusi hujan rencana pada area DAS.

a. Intensitas Hujan

Intensitas hujan dihitung dengan metode Mononobe, yaitu mengubah curah hujan harian menjadi intensitas hujan jam-jaman agar diperoleh pola distribusi waktu.

b. *Hyetograph*

Hyetograph menggambarkan distribusi curah hujan jam-jaman. Metode yang digunakan yaitu *Alternating Block Method (ABM)* dan metode Tadashi Tanimoto.

6. Analisis Tutupan Lahan dan Jenis Tanah Hidrologi

Tutupan lahan dianalisis menggunakan citra satelit *Landsat 8* dari USGS dengan metode *supervised classification* dan 50 poligon *training sample* melalui QGIS. Sedangkan data jenis tanah diunduh dari situs ORNL DAAC dan diproses

7. Analisis Hujan Efektif

Analisis ini bertujuan menentukan besarnya curah hujan yang menjadi aliran langsung (*runoff*) menggunakan metode *Soil Conservation Service (SCS)*.

8. Analisis Hidrograf Satuan Sintetis (HSS)

Tahap ini digunakan untuk memperkirakan debit puncak banjir yang dihasilkan oleh hujan efektif, terutama saat data hidrologi tidak tersedia. Metode yang digunakan meliputi HSS SCS dan HSS Nakayasu.

9. Analisis Aliran Dasar (*Baseflow*)

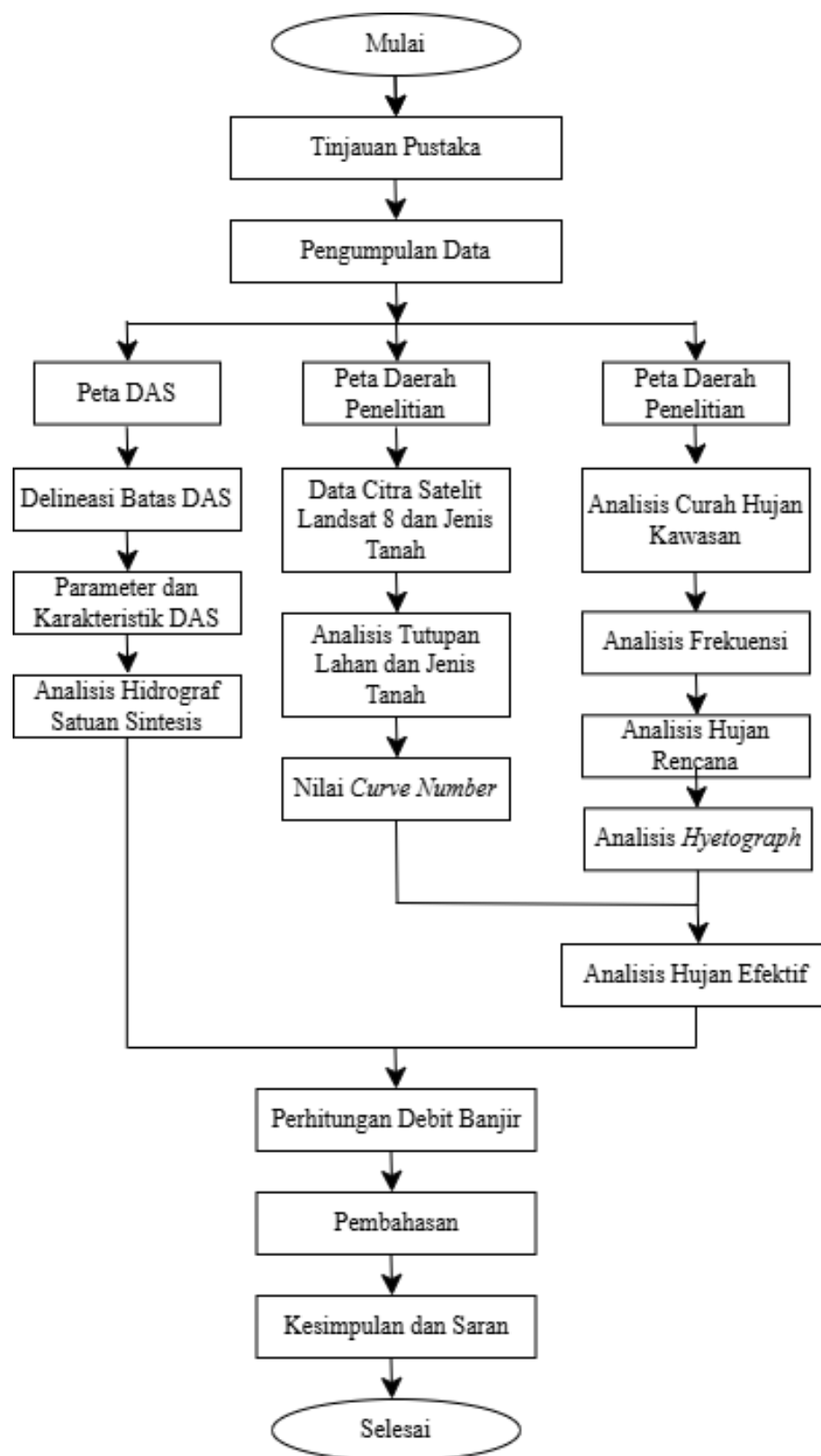
Analisis ini dilakukan untuk menentukan besarnya aliran dasar sungai pada kondisi tanpa limpasan permukaan.

10. Perhitungan Debit Banjir

Tahapan terakhir ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh curah hujan dan perubahan tata guna lahan terhadap debit puncak banjir. Perhitungannya dilakukan dengan menjumlahkan debit *baseflow* dan debit dari hidrograf satuan sintetis pada waktu yang bersamaan.

4.4 Bagan Alir Penelitian (*Flow Chart*)

Dalam sebuah penelitian, diperlukan langkah-langkah skematis untuk mendukung pelaksanaan tugas yang dikenal sebagai bagan alir penelitian (*flow chart*). Bagan alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Curah Hujan Kawasan

Curah hujan pada suatu daerah aliran sungai (DAS) diasumsikan memiliki nilai yang sama dengan curah hujan yang tercatat di stasiun terdekat, sehingga data dari stasiun tersebut dianggap mewakili area sekitarnya. Metode Poligon Thiessen dianggap lebih akurat dibandingkan metode rerata aritmatika, karena memperhitungkan distribusi spasial stasiun hujan serta luas daerah pengaruh masing-masing stasiun. Oleh karena itu, metode ini banyak digunakan ketika penyebaran stasiun hujan di suatu DAS tidak merata, seperti halnya pada DAS Serayu dalam penelitian ini.

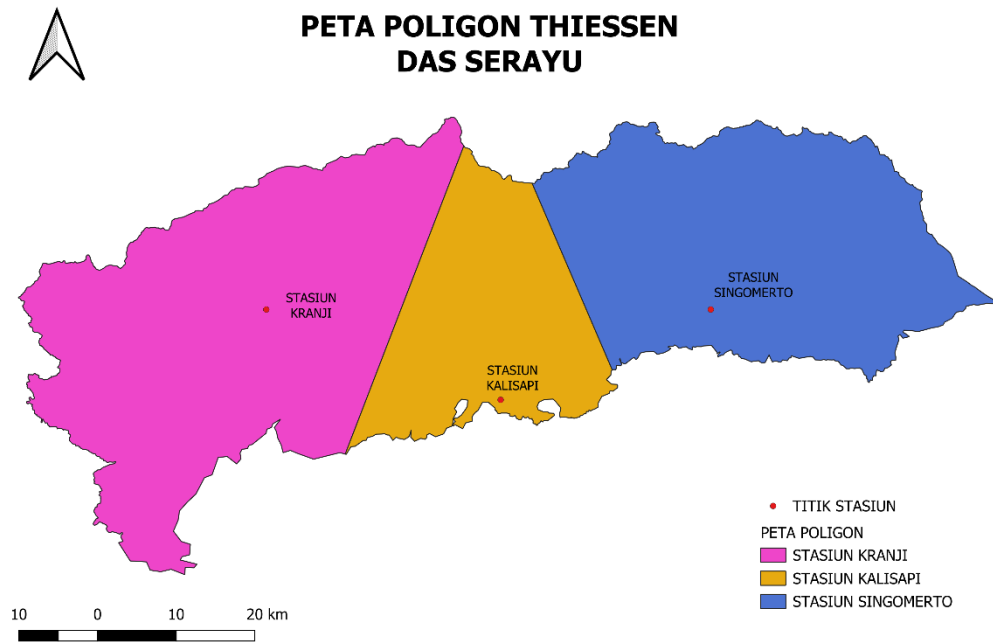
Peta Poligon Thiessen merupakan hasil analisis data spasial yang digunakan sebagai data masukan dalam perhitungan curah hujan kawasan pada DAS Serayu. Hasil dari pembuatan peta ini berupa nilai bobot atau luas wilayah pengaruh dari setiap stasiun hujan. Data yang dibutuhkan dalam penyusunan peta Poligon Thiessen meliputi *shapefile* DAS Serayu serta data koordinat masing-masing stasiun hujan. Informasi koordinat stasiun hujan diperoleh dari data curah hujan yang telah dikumpulkan sebelumnya. Adapun koordinat stasiun hujan yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada tabel berikut.

Tabel 5.1 Koordinat Stasiun Hujan

No	Stasiun Hujan	Koordinat	
		Lintang	Bujur
1	Singomerto	109,745	-7,389
2	Kalisapi	109,503	-7,493
3	Kranji	109,233	-7,389

Koordinat masing-masing stasiun hujan dimasukkan ke dalam perangkat lunak QGIS untuk dilakukan analisis Poligon Thiessen. Melalui analisis ini diperoleh luas

wilayah yang berada dalam pengaruh setiap stasiun hujan. Peta hasil analisis Poligon Thiessen disajikan pada Gambar 5.1, sedangkan luas area pengaruh masing-masing stasiun hujan ditampilkan pada Tabel 5.2 berikut.



Gambar 5. 1 Peta Poligon Thiessen

Tabel 5.2 Luas Pengaruh Stasiun Hujan

No	Stasiun Hujan	Luas (km ²)	Luas (%)
1.	Kranji	1634,34	44,99
2.	Kalisapi	1296,73	35,70
3.	Singomerto	700,80	19,29
Total		3631,88	100

Curah hujan maksimum pada tahun 2015 sampai 2024 disajikan pada Tabel 5.3 dan 5.4 berikut.

Tabel 5.3 Curah Hujan Maksimum Bulan Januari Sampai Juni

Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)					
	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni
2015	26,09	55,90	71,68	33,58	29,81	11,90
2016	28,80	79,51	21,39	42,56	40,04	17,47
2017	41,67	50,98	24,80	35,66	36,39	9,02
2018	43,87	44,01	24,39	25,73	17,59	21,87
2019	48,14	31,52	58,96	37,55	18,60	0,58
2020	42,53	50,98	90,15	41,23	16,19	0,00
2021	53,33	40,00	90,15	41,23	20,96	19,82
2022	91,30	51,39	14,92	29,89	76,37	19,82
2023	44,08	50,56	39,87	31,04	39,26	22,84
2024	39,87	48,97	36,44	36,36	52,64	60,82

Tabel 5.4 Curah Hujan Maksimum Bulan Juli Sampai Desember

Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)					
	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
2015	1,16	1,39	0,00	0,00	27,03	40,36
2016	37,56	46,12	43,46	34,10	56,70	39,48
2017	1,54	0,00	23,44	17,28	17,88	29,11
2018	0,96	0,00	1,34	15,87	27,41	41,16
2019	0,19	1,20	0,00	1,94	21,58	41,93
2020	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2021	3,13	6,16	21,26	30,46	33,14	35,37
2022	32,67	25,68	17,03	35,82	36,25	39,48
2023	7,39	7,00	14,71	33,24	38,71	22,66
2024	21,68	46,12	36,01	33,79	43,00	79,67

Hasil curah hujan maksimum tiap bulan, kemudian diambil nilai maksimum pada setiap tahunnya. Data dari curah hujan kawasan dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.5 Curah Hujan Metode *Annual Maximum Series*

Tahun	Tanggal	Curah Hujan Maksimum
2015	15 Februari	71,68
2016	16 Agustus	79,51
2017	19 Maret	50,98
2018	12 November	44,01
2019	22 Maret	58,96
2020	5 Maret	90,15
2021	22 November	90,15
2022	20 Mei	91,30
2023	21 Maret	50,56
2024	25 Januari	79,67

5.2 Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi pada data hidrologi bertujuan untuk mengetahui hubungan antara besar kecilnya suatu kejadian ekstrem dengan frekuensi kejadiannya melalui pendekatan distribusi probabilitas. Analisis ini digunakan untuk memperkirakan besarnya debit maupun frekuensi terjadinya banjir dengan intensitas tertentu dalam jangka waktu atau periode ulang tertentu.

5.2.1 Parameter Statistik

Perhitungan parameter statistik menggunakan data dari curah hujan maksimum pada setiap. Berdasarkan Tabel 5.5 dapat dilihat bahwa metode *Annual Maximum Series* menghasilkan 10 data hujan harian maksimum yang siap dianalisis lebih lanjut. Data tersebut kemudian digunakan untuk mencari nilai parameter statistik yang akan digunakan untuk analisis frekuensi seperti pada Tabel 5.6 berikut

Tabel 5.6 Perhitungan Parameter Statistik

No.	x_i	$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^3$	$(x_i - \bar{x})^4$
1	71,68	1,0	1,0	1,0	0,9
2	79,51	8,8	77,6	684,1	6027,3

Lanjutan Tabel 5.6 Perhitungan Parameter Statistik

No.	x_i	$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^3$	$(x_i - \bar{x})^4$
3	50,98	-19,7	388,7	-7664,1	151107,0
4	44,01	-26,7	712,1	-19000,7	507019,7
5	58,96	-11,7	137,8	-1617,7	18990,6
6	90,15	19,5	378,4	7359,6	143155,5
7	90,15	19,5	378,4	7359,6	143155,5
8	91,30	20,6	424,6	8749,1	180281,5
9	50,56	-20,1	405,5	-8166,4	164453,4
10	79,67	9,0	80,5	722,4	6482,1

Dengan menggunakan nilai pada Tabel 5.6 di atas, dapat dihitung notasi dan parameter statistik seperti nilai rerata, nilai varian, koefisien variasi, koefisien asimetri, dan koefisien kurtosis. Perhitungan parameter statistik dapat dilihat sebagai berikut.

1. Nilai rata – rata ($\bar{x}$) dari curah hujan maksimum harian dengan data *annual maximum* selama 10 tahun.

$$\bar{x} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{706,98}{10}$$

$$\bar{x} = 70,70 \text{ mm}$$

2. Nilai standar deviasi (S)

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

$$S = 18,21$$

3. Koefisien kemencengan (C_s)

$$C_s = \frac{n}{(n - 1)(n - 2)Sd^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3$$

$$C_s = -0,27$$

4. Koefisien kurtois (C_k)

$$C_k = \frac{n}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4$$

$$C_k = 2,38$$

5. Koefisien variasi (C_v)

$$C_v = \frac{S}{\bar{x}}$$

$$C_v = 0,257$$

6. Nilai C_s dan C_k untuk distribusi Log Normal berdasarkan nilai C_v

$$C_s = C_v^3 + 3C_v$$

$$= 0,78$$

$$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$$

$$= 3,99$$

5.2.2 Penentuan Jenis Distribusi

Penentuan jenis distribusi ditentukan dari hasil perhitungan, nilai C_s dan C_k dicocokkan dengan syarat dari masing – masing distribusi yang dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.7 Pemilihan Distribusi yang Sesuai Untuk Hujan Harian

No	Distribusi	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Gumbel	$C_s = 1,14$	1,60	Tidak memenuhi
		$C_k = 5,4$	6,42	
2	Normal	$C_s \sim 0$	0,46	Tidak memenuhi
		$C_k \sim 3$	2,99	
3	Log Normal	$C_s = 0,514$	0,933	Tidak memenuhi
		$C_k = 3,474$	4,54	
4	Log Pearson Tipe III	Selain dari nilai diatas		Memenuhi

Berdasarkan hasil analisis parameter statistik pada tabel 5.7 distribusi hujan yang memenuhi syarat adalah distribusi Log Pearson Type III.

5.2.3 Analisis Distribusi Probabilitas

Analisis Distribusi Probabilitas Berdasarkan hasil analisis parameter statistik diperoleh distribusi yang memenuhi syarat yaitu Log Pearson Type III. Tahapan perhitungan dapat dilihat sebagai berikut.

1. Mengubah data hujan harian maksimum menjadi logaritma

Nilai logaritma dari data hujan (X) dapat dilihat pada Tabel 5.8 sebagai berikut.

Tabel 5.8 Perhitungan Hujan Harian dengan Distribusi Log Pearson III

No.	Tahun	X (mm)	Log X
1	2015	71,68	1,855
2	2016	79,51	1,900
3	2017	50,98	1,707
4	2018	44,01	1,644
5	2019	58,96	1,771
6	2020	90,15	1,955
7	2021	90,15	1,955
8	2022	91,30	1,960
9	2023	50,56	1,704
10	2024	79,67	1,901

2. Menghitung nilai rata – rata ($\overline{\log x}$)

$$\overline{\log x} = \frac{\sum_{i=1}^n \log xi}{n}$$

$$= 1,83 \text{ mm}$$

3. Menghitung standar deviasi dalam skala logaritma (S Log X)

$$\log x = \sqrt{\frac{\sum (\log xi - \overline{\log x})^2}{(n - 1)}}$$

$$= 0,119$$

4. Menghitung nilai koefisien kemencengan (C_s)

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log xi - \overline{\log x})^3}{(n - 1)(n - 2)Sd^3}$$

$$= -0,469$$

5.2.4 Pengujian Chi-Kuadrat

Pengujian Chi-Kuadrat diterapkan hanya pada distribusi yang telah terpilih, dengan cara menghitung nilai χ^2 serta derajat kebebasan (DK). Tahapan analisis uji Chi-Kuadrat adalah sebagai berikut.

1. Pengurutan Data dan Menghitung Nilai Rerata

Pengurutan data dilakukan berdasarkan nilai hujan maksimum tahunan, dimulai dari nilai tertinggi hingga terendah, kemudian dihitung nilai rata-ratanya sesuai dengan distribusi Log Pearson III.

Tabel 5.9 Pengurutan Data Hujan dari Besar ke Kecil

No. Urut (i)	x_i dari besar ke kecil (mm)
1	91,30
2	90,15
3	90,15
4	79,67
5	79,51
6	71,68
7	58,96
8	50,98
9	50,56
10	44,01

2. Menentukan Jumlah Kelas

Jumlah kelas ditentukan menggunakan persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kelas distribusi} &= 1 + 3,3 \log n \\
 &= 1 + 3,3 \log 10 \\
 &= 4,22 \approx 4 \text{ Kelas}
 \end{aligned}$$

3. Menentukan Batas Kelas

Batas kelas uji Chi-Kuadrat untuk distribusi Log Pearson III ditetapkan menggunakan hujan rencana pada probabilitas 75%, 50%, dan 25% agar setiap kelas memiliki peluang teoritis yang sama. Pendekatan ini dipilih

untuk menghindari kelas dengan frekuensi teoritis kecil serta untuk memenuhi asumsi uji Chi-Kuadrat, yaitu nilai harapan setiap kelas minimal sebesar 5. Hujan rencana pada peluang 75%, 50%, dan 25% yang besarnya berturut-turut sekitar 57,0 mm; 68,9 mm; dan 82,8 mm digunakan sebagai batas antar kelas pada uji Chi-Kuadrat

4. Menentukan Nilai Derajat Kebebasan dan Nilai χ^2_{cr}

Nilai derajat kebebasan dicari menggunakan persamaan berikut.

$$\begin{aligned} Dk &= K - (\alpha + 1) \\ &= 4 - (1 + 1) \\ &= 2 \end{aligned}$$

5. Nilai χ^2_{cr} diperoleh dari tabel dalam buku Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air dengan jumlah data 10 menggunakan nilai $DK=2$ dan $\alpha = 5\%$ maka nilai χ^2_{cr} didapatkan sebesar 5,991.
6. Mencari nilai χ^2

Untuk mempermudah perhitungan analisis χ^2 digunakan Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Hasil Analisis χ^2

No	Batas Kelas	Jumlah Data		Ej-Oj	$(Ej-Oj)^2/Ej$
		Ej	Oj		
1	0 - 56,96	2,5	3	-0,5	0,10
2	56,96 - 68,94	2,5	1	1,5	0,90
3	68,94 - 82,84	2,5	3	-0,5	0,10
4	82,84 - ∞	2,5	3	-0,5	0,10
Jumlah		10	10	X^2_{hitung}	1,2

7. Kesimpulan

Dengan jumlah data 10 dan analisis nilai $\chi^2 = 1,2$ lebih kecil dari nilai $\chi^2_{cr} = 5,591$, sehingga distribusi Log Pearson Type III diterima.

5.3 Hujan Rencana

Penentuan hujan rencana dilakukan menggunakan distribusi Log Pearson III. Dalam menentukan nilai hujan rencana, harus diketahui nilai-nilai parameter statistik untuk distribusi Log Pearson. Nilai tersebut diperoleh sesuai persamaan pada parameter statistik dan didapatkan nilai sebagai berikut.

$$\overline{\text{Log } X} = 1,84$$

$$S \text{ Log } X = 0,119$$

$$C_s = -0,469$$

Hujan rencana harus ditentukan menggunakan periode ulang. Berdasarkan PerMenPUPR no 28 tahun 2015, pemilihan periode ulang dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut.

Tabel 5.11 Kategori Debit Rencana Infrastruktur Pengendali Banjir

No.	Kategori	Debit Rencana
1.	Ibukota Kabupaten / Kota	$Q_{10} - Q_{20}$
2.	Ibukota Provinsi	$Q_{20} - Q_{50}$
3.	Ibukota Negara / Metropolitan	$Q_{50} - Q_{100}$

Berdasarkan peraturan diatas, kala ulang hujan rencana pada DAS Serayu dengan cakupan 5 kabupaten (Wonosobo, Banjarnegara, Purbalingga, Banyumas, dan Cilacap) menggunakan periode ulang 20 tahun. Hasil perhitungan hujan rencana untuk periode ulang 2, 5, 10, 20, dan 50 tahun dapat dilihat di Tabel 5.12 berikut.

Tabel 5.12 Nilai Hujan Rencana

Kala Ulang (Tahun)	Kt	Log Xt	Xt (mm)
2	0,026	1,838	68,94
5	0,84	1,936	86,39
10	1,26	1,986	96,80
20	1,59	2,026	106,11
50	1,96	2,070	117,41

5.4 Intensitas Hujan

Intensitas hujan digunakan untuk mengonversi data hujan harian menjadi hujan dengan interval jam-jaman. Dalam penelitian ini, perhitungan intensitas hujan menggunakan metode Mononobe karena data yang tersedia berupa data hujan harian. Proses perhitungan intensitas hujan melibatkan durasi konsentrasi hujan yang dinyatakan dalam satuan jam. Berdasarkan buku Hidrologi Terapan oleh Triatmodjo (2008), apabila tidak tersedia data durasi hujan, maka durasi tersebut dapat dihitung menggunakan persamaan waktu konsentrasi. Dengan demikian, durasi hujan diasumsikan sama dengan waktu konsentrasi (t_c). Nilai t_c diperoleh melalui persamaan 3.12 dengan luas daerah aliran sungai (DAS) sebesar 3631,87 km² dan panjang sungai terpanjang 147,897 km. Berikut merupakan contoh perhitungan untuk menentukan nilai t_c .

$$t_c = \frac{0,06628L^{0,77}}{S^{0,385}}$$

$$t_c = \frac{0,06628 \times 147,897^{0,77}}{S^{0,385}}$$

$$t_c = 7,93 \rightarrow \text{dibulatkan jadi 8 jam}$$

Berdasarkan hasil diatas waktu konsentrasi yang dianggap durasi hujan yaitu 8 jam. Di bawah ini adalah perhitungan intensitas hujan selama durasi hujan 8 jam dengan menggunakan persamaan Mononobe untuk hujan rencana dengan periode ulang 2, 5, 10, 20, dan 50 tahun dan durasi hujan selama 1 jam. Berikut contoh perhitungan dengan kala ulang 20 tahun.

$$I = \frac{106,11}{24} \left(\frac{24}{1} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I = 36,8 \text{ mm/jam}$$

5.5 Distribusi Hujan

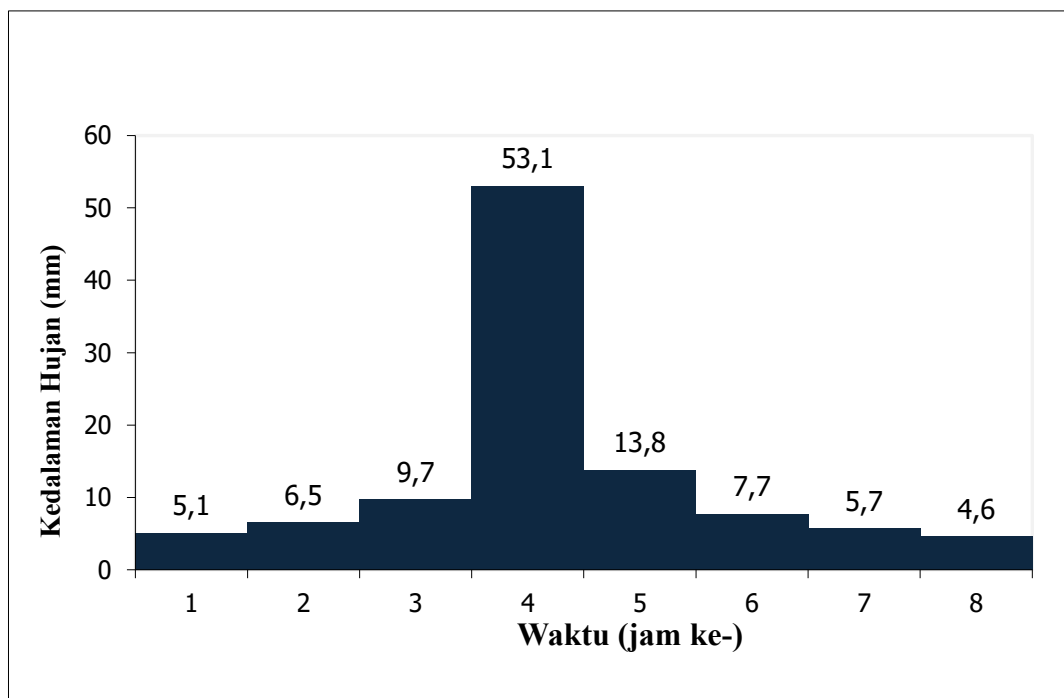
5.5.1 Metode *Alternating Block Method* (ABM)

Nilai intensitas hujan yang dihasilkan kemudian digunakan dan diturunkan menjadi model distribusi hujan dengan metode *Alternating Block Method* (ABM). Berikut di bawah ini perhitungan distribusi hujan metode ABM dengan contoh periode ulang 20 tahun pada Tabel 5.13 berikut.

Tabel 5.13 Distribusi Hujan Metode ABM Periode Ulang 20 Tahun

T_d	Δt	I_t	$I_t T_d$	Δp	p_t	Hyetograph	
(jam)	(jam)	(mm/jam)	(mm)	(mm)	(%)	(%)	(mm)
1	0-1	36,8	36,8	36,8	50,0	4,8	5,1
2	1-2	23,2	46,3	9,6	13,0	6,1	6,5
3	2-3	17,7	53,1	6,7	9,1	9,1	9,7
4	3-4	14,6	58,4	5,3	7,3	50,0	53,1
5	4-5	12,6	62,9	4,5	6,1	13,0	13,8
6	5-6	11,1	66,8	3,9	5,4	7,3	7,7
7	6-7	10,1	70,4	3,5	4,8	5,4	5,7
8	7-8	9,2	73,6	3,2	4,4	4,4	4,6
Σ				73,66	100	100	106,1

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, bentuk *hyetograph* dengan metode ABM untuk periode ulang 20 tahun dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut.

Gambar 5.2 *Hyetograph* Metode ABM Periode Ulang 20 Tahun

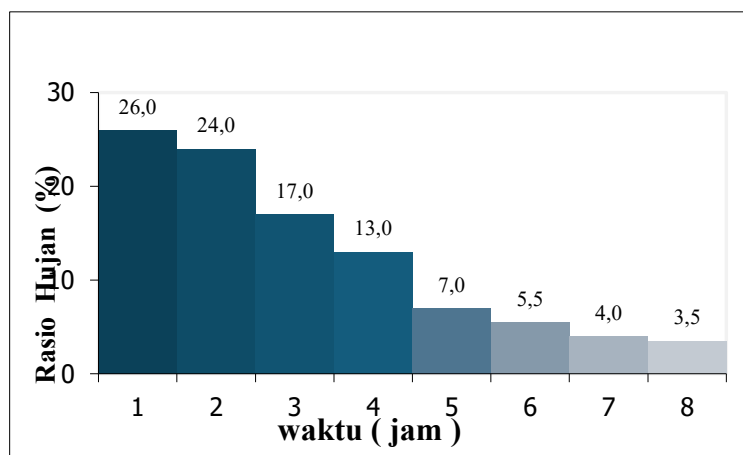
5.5.1 Metode Tadashi Tanimoto

Pada tahun 1969, Tadashi Tanimoto telah mengembangkan distribusi hujan jam-jaman di pulau Jawa. Rekapitulasi hasil pengembangannya dapat dilihat pada Tabel 5.14 dan Gambar 5.3.

Tabel 5.14 Distribusi Hujan di Jawa Menurut Tadashi Tanimoto

Distribusi Hujan Tadashi Tanimoto								
Jam ke-	1	2	3	4	5	6	7	8
%Distribusi	26	24	17	13	7	5,5	4	3,5
%Kumulatif	26	50	67	80	87	92,5	96,5	100

Berdasarkan hasil diatas, bentuk grafik distribusi hujan hasil pengembangan dari Tadashi Tanimoto digambarkan seperti di bawah ini.



Gambar 5.3 Distribusi Hujan Tadashi Tanimoto

Hujan rencana yang sudah didapatkan dalam periode ulang 20 tahun seperti pada Tabel 5.17, kemudian digunakan dan diturunkan menjadi distribusi hujan jam jaman menggunakan metode Tadashi Tanimoto. Sebelum menggambarkan distribusi hujan, terlebih dahulu menghitung nilai kedalaman hujan dan nilai kumulatif kedalaman hujan dengan menggunakan persentase seperti pada Tabel 5.18. Contoh perhitungan dapat dilihat sebagai berikut.

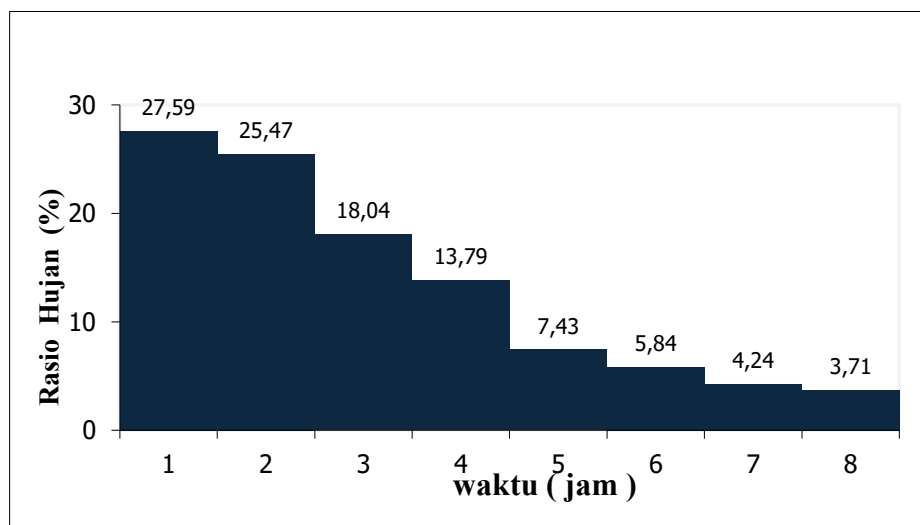
$$\begin{aligned}
 \text{Kedalaman Hujan}_1 &= \% \text{ distribusi jam ke-1} \times \text{hujan rencana periode ulang 20} \\
 &= 26\% \times 106,11 \\
 &= 27,59 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Cara perhitungan nilai kedalaman hujan pada jam berikutnya adalah sama. Dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.15 berikut.

Tabel 5.15 Distribusi Hujan Tadashi Tanimoto Periode Ulang 20 Tahun

Jam ke-	1	2	3	4	5	6	7	8
Kedalaman Hujan (mm)	27,59	25,47	18,04	13,79	7,43	5,84	4,24	3,71
Kedalaman Hujan Kumulatif (mm)	27,59	53,06	71,09	84,89	92,32	98,15	102,40	106,11

Berdasarkan hasil diatas, bentuk distribusi hujan Tadashi Tanimoto untuk hujan rencana periode ulang 20 tahun digambarkan di bawah ini.



Gambar 5.4 Distribusi Hujan Tadashi Tanimoto Periode Ulang 20 Tahun

5.6 Analisis Tutupan Lahan

Tutupan lahan mengacu pada bentuk permukaan lahan yang tercermin dari fungsinya, seperti perairan, sungai, area pertanian, permukiman, serta perkebunan dan kategori lainnya. Analisis tutupan lahan dilakukan secara digital menggunakan teknik penginderaan jauh dengan bantuan perangkat lunak QGIS melalui metode klasifikasi terbimbing (*Supervised Maximum Likelihood Classification*). Proses ini melibatkan identifikasi masing-masing kelas lahan, diawali dengan pembuatan

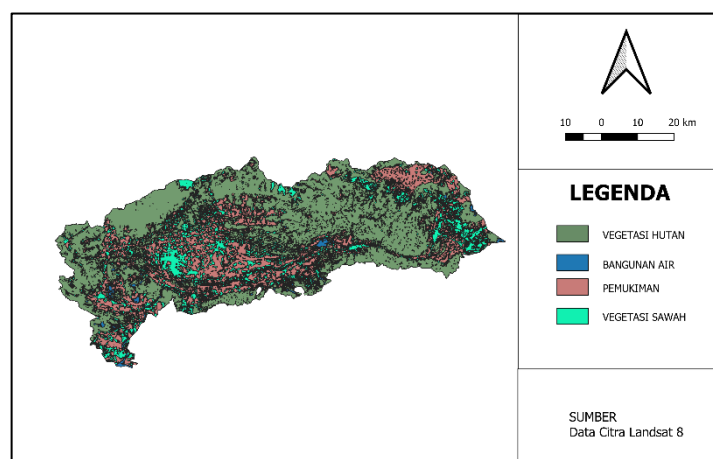
poligon sampel pelatihan (*training sample*) yang disesuaikan dengan kombinasi band citra. Data yang digunakan merupakan hasil perekaman satelit Landsat 8 untuk tahun 2015, 2019 dan 2024. Klasifikasi tutupan lahan pada penelitian ini terdiri dari lima kelas utama, yaitu badan air, permukiman, pertanian, serta perkebunan,. Kelas lahan diwakili oleh 50 titik poligon training sample. Tahapan analisis dan hasil tutupan lahan pada tahun 2015, 2019 serta 2024 dijelaskan sebagai berikut.

5.6.1 Analisis Tutupan Lahan

Hasil analisis tutupan lahan dengan tahapan seperti diatas menggunakan bantuan aplikasi *software* QGIS dapat dilihat dibawah berikut.

1. Tutupan Lahan 2015

Hasil analisis peta tutupan lahan tahun 2015 dapat dilihat pada Gambar 5.5 berikut.



Gambar 5. 5 Peta Tutupan Lahan 2015

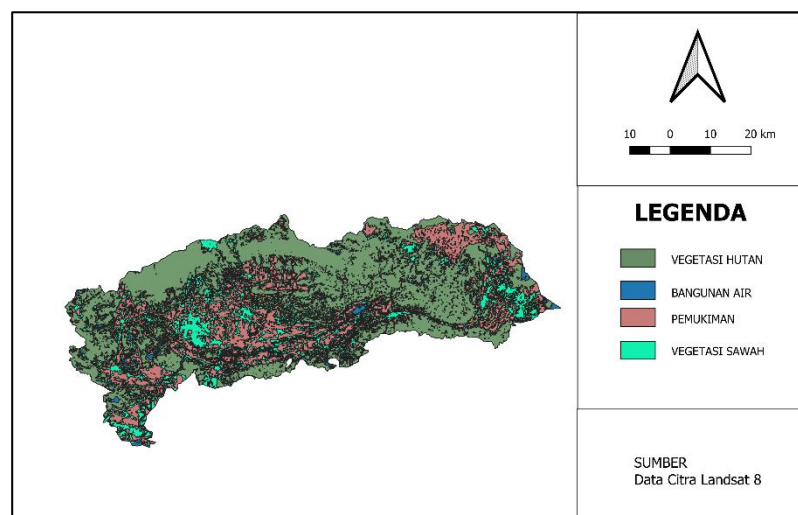
Berdasarkan Gambar 5.5, jenis lahan terbesar digunakan oleh vegetasi hutan yang tersebar di semua daerah DAS Serayu, tetapi luasan vegetasi hutan yang paling besar terletak pada daerah Kabupaten Banjarnegara. Hal ini disebabkan karena pada DAS Serayu didominasi oleh daerah perbukitan dan pegunungan. Untuk lebih jelasnya luasan masing-masing lahan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.16 di bawah ini.

Tabel 5.16 Luas Peta Tutupan Lahan 2015 Pada DAS Serayu

Jenis Lahan	Luas (km ²)	Persentase Luas (%)
Tubuh Air	93,98	2,58
Pemukiman	833,14	22,93
Vegetasi Hutan	1941,49	53,45
Vegetasi Padi	763,25	22,93
Jumlah	3631,84	100

2. Tutupan Lahan 2019

Hasil analisis peta tutupan lahan tahun 2019 dapat dilihat pada Gambar 5.6 berikut.

**Gambar 5.6 Peta Tutupan Lahan 2019**

Berdasarkan Gambar 5.6, tutupan lahan mengalami perubahan di semua jenis lahan. Peningkatan paling signifikan terjadi pada lahan pertanian (vegetasi padi) dan pemukiman, yang mencerminkan adanya ekspansi aktivitas manusia dan konversi fungsi lahan, baik untuk kebutuhan permukiman maupun pertanian. Hal ini sejalan dengan tren peningkatan jumlah penduduk serta intensifikasi pemanfaatan lahan di daerah tersebut. Sebaliknya, luas tutupan lahan berupa hutan mengalami penurunan, yang dapat diakibatkan oleh alih fungsi lahan hutan menjadi area budidaya atau

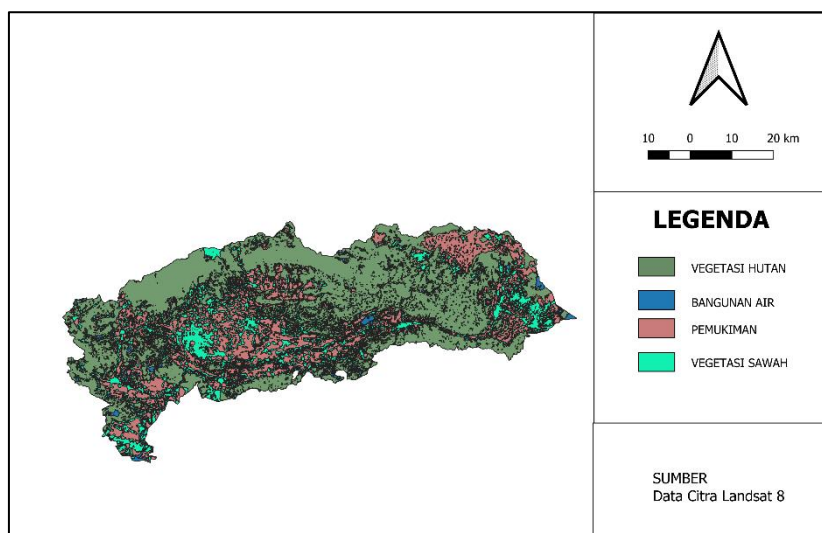
pemukiman. Untuk lebih jelasnya luasan masing-masing lahan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.17 di bawah ini.

Tabel 5.17 Luas Peta Tutupan Lahan 2015 Pada DAS Serayu

Jenis Lahan	Luas (km ²)	Persentase Luas (%)
Tubuh Air	105,31	2,89
Pemukiman	1913,18	52,67
Vegetasi Hutan	754,1	20,76
Vegetasi Padi	859,26	23,65
Jumlah	3631,84	100

3. Tutupan Lahan 2024

Hasil analisis peta tutupan lahan tahun 2015 dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut



Gambar 5.7 Peta Tutupan Lahan 2024

Berdasarkan Gambar 5.7, tutupan lahan mengalami perubahan di semua jenis lahan. Peningkatan paling signifikan terjadi pada lahan pertanian (vegetasi padi) dan pemukiman, yang mencerminkan adanya ekspansi aktivitas manusia dan konversi fungsi lahan, baik untuk kebutuhan permukiman maupun pertanian. Hal ini sejalan dengan tren peningkatan jumlah penduduk serta intensifikasi pemanfaatan lahan di daerah tersebut. Sebaliknya, luas tutupan lahan berupa hutan mengalami penurunan, yang

dapat diakibatkan oleh alih fungsi lahan hutan menjadi area budidaya atau pemukiman. Untuk lebih jelasnya luasan masing-masing lahan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.18 di bawah ini.

Tabel 5.18 Luas Peta Tutupan Lahan 2024 Pada DAS Serayu

Jenis Lahan	Luas (km²)	Persentase Luas (%)
Tubuh Air	72,092	1,98
Pemukiman	1816,86	50,03
Vegetasi Hutan	827,74	22,79
Vegetasi Padi	915,15	25,20
Jumlah	3631,84	100,00

5.6.2 Perbandingan Luas Lahan Tahun 2015, 2019 dan 2024

Luasan pada setiap jenis lahan pada tahun 2015 dibandingkan dengan tahun 2019 dan 2024 untuk mengetahui jenis lahan yang mengecil maupun meluas. Hasil perbandingan luasan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut.

Tabel 5.19 Perbandingan Luas Lahan Tahun 2015, 2019 dan 2024

Jenis Lahan	Persentase Luasan (%)		
	2015	2019	2024
Tubuh Air	2,59	2,90	3,19
Pemukiman	53,46	52,68	48,82
Vegetasi Padi	21,02	20,76	19,71
Vegetasi Hutan	22,94	23,66	28,28

5.6.3 Uji Akurasi

Uji akurasi dilakukan untuk melihat keakuratan atau ketelitian hasil dari klasifikasi objek pada citra dengan cara membandingkan hasil analisis training sample sesuai pengamatan di lapangan dengan jumlah poligon training sample semua lahan. Luasan DAS yang terlalu besar, pengamatan lapangan dilakukan dengan pengamatan dari google earth. Sampel yang dibuat pada uji akurasi ini yaitu sebanyak 50 titik training sample pada setiap jenis lahan dan disebar merata pada luasan DAS yang ada. Hasil analisis uji akurasi terdapat kesalahan pengamatan.

Landsat 8 dan menggunakan kombinasi band (5,6,4) untuk mengetahui lahan land/water terdapat banyak lahan berwarna biru yang menunjukkan bahwa lahan tersebut adalah daerah perairan. Tetapi setelah dilakukan pengamatan lapangan pada setiap titik dengan menggunakan google earth daerah tersebut merupakan jenis lahan yang lain. Hasil analisis uji akurasi yang lebih jelas adalah sebagai berikut.

1. Akurasi Peta Tutupan Lahan 2015

Perbandingan dari training sample terhadap pengamatan lapangan sebanyak 50 titik terdapat kesalahan pengamatan yang dapat dilihat pada Tabel 5.20 berikut.

Tabel 5.20 Perbandingan Hasil *Training Sample* Terhadap Pengamatan Lapangan Tahun 2015

Jenis Lahan	Tubuh Air	Pemukiman	Vegetasi Padi	Vegetasi Hutan	Total
Tubuh Air	3	1	0	0	4
Pemukiman	1	6	0	0	7
Vegetasi Padi	0	2	3	0	5
Vegetasi Hutan	0	0	0	3	3
Total	4	9	3	3	19

Berdasarkan hasil diatas, tingkat akurasi pengamatan dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Tingkat Akurasi} = \frac{\Sigma \text{Training Sample Yang Benar}}{\Sigma \text{Training Sample}} \times 100\%$$

$$\text{Tingkat Akurasi} = \frac{3+6+3+3}{19} \times 100\%$$

$$\text{Tingkat Akurasi} = 79\%$$

2. Akurasi Peta Tutupan Lahan 2019

Perbandingan dari *training sample* terhadap pengamatan lapangan sebanyak 50 titik terdapat kesalahan pengamatan yang dapat dilihat pada Tabel 5.21 berikut.

Tabel 5.21 Perbandingan Hasil *Training Sample* Terhadap Pengamatan Lapangan Tahun 2019

Jenis Lahan	Tubuh Air	Pemukiman	Vegetasi Padi	Vegetasi Hutan	Total
Tubuh Air	4	0	0	0	4
Pemukiman	0	8	0	0	8
Vegetasi Padi	0	1	4	0	5
Vegetasi Hutan	0	0	0	4	4
Total	4	9	4	4	21

Berdasarkan hasil diatas, tingkat akurasi pengamatan dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Tingkat Akurasi} = \frac{\sum \text{Training Sample Yang Benar}}{\sum \text{Training Sample}} \times 100\%$$

$$\text{Tingkat Akurasi} = \frac{4+8+4+4}{21} \times 100\%$$

$$\text{Tingkat Akurasi} = 95\%$$

3. Akurasi Peta Tutupan Lahan 2024

Perbandingan dari *training sample* terhadap pengamatan lapangan sebanyak 50 titik terdapat kesalahan pengamatan yang dapat dilihat pada Tabel 5.22 berikut.

Tabel 5.22 Perbandingan Hasil *Training Sample* Terhadap Pengamatan Lapangan Tahun 2024

Jenis Lahan	Tubuh Air	Pemukiman	Vegetasi Padi	Vegetasi Hutan	Total
Tubuh Air	3	1	0	0	4
Pemukiman	2	8	0	0	9
Vegetasi Padi	0	2	4	0	6
Vegetasi Hutan	0	0	0	3	3
Total	4	11	4	3	22

Berdasarkan hasil diatas, tingkat akurasi pengamatan dihitung menggunakan persamaan berikut.

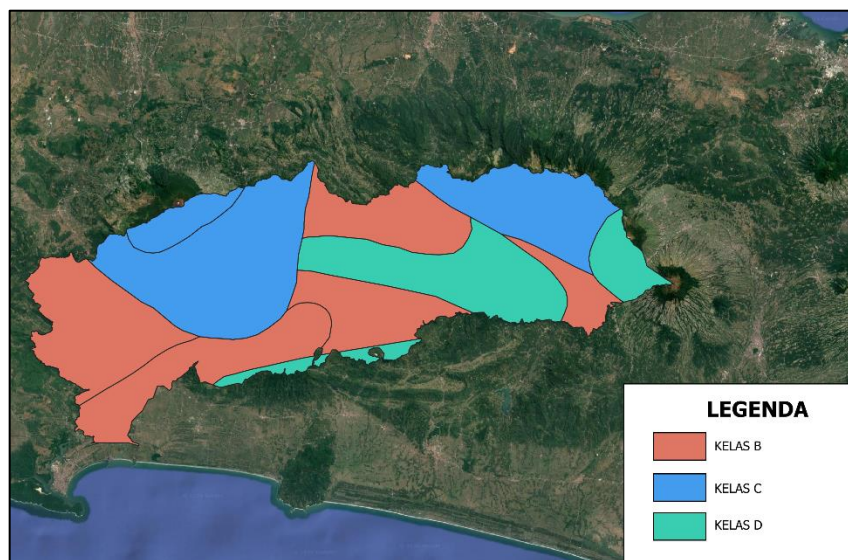
$$\text{Tingkat Akurasi} = \frac{\sum \text{Training Sample Yang Benar}}{\sum \text{Training Sample}} \times 100\%$$

$$\text{Tingkat Akurasi} = \frac{3+8+4+3}{22} \times 100\%$$

$$\text{Tingkat Akurasi} = 81,82\%$$

5.6.4 Penentuan Jenis Tanah Secara Hidrologi

Jenis tanah secara hidrologi berpengaruh terhadap nilai hujan efektif dan penentuan nilai *Curve Number (CN)*. Jenis tanah secara hidrologi didapatkan dari peta tanah hidrologi dunia (global hydrology soil groups). Peta tersebut bersumber dari *Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center (ORNL DAAC)* yang dikelola oleh *National Aeronautics and Space Administration (NASA)*. Menggunakan bantuan aplikasi QGIS, peta tanah hidrologi dunia yang didapat kemudian dipotong dan disesuaikan dengan DAS Serayu. Hasil dari peta jenis tanah secara hidrologi pada DAS Serayu dapat dilihat pada Gambar 5.5 berikut.



Gambar 5.8 Penentuan Jenis Tanah Secara Hidrologi

Berdasarkan Gambar 5.8, karakteristik dari jenis tanah menurut hidrologi pada DAS Cilangla dapat dilihat pada Tabel 5.23 berikut.

Tabel 5.23 Karakteristik Jenis Tanah Secara Hidrologi Pada DAS Serayu

Kelompok Jenis Tanah	Karakteristik
Kelompok Tanah B	Potensi limpasan sedang, laju infiltrasi menengah. Tanah agak asam, berwarna kemerahan, bertekstur agak lempung. Cocok untuk perkebunan, campuran pertanian & hutan.
Kelompok Tanah C	Potensi limpasan cukup tinggi, laju infiltrasi lambat. Tanah berat (liat), mudah retak saat kering, sulit diolah. Umumnya kurang subur, cocok untuk tanaman keras atau lahan gembala.
Kelompok Tanah D	Potensi limpasan tinggi, laju infiltrasi sangat lambat. Tanah sangat liat atau masam, tersusun butir halus (<i>clay/kolloid</i>)

Hasil luasan jenis tanah secara hidrologi berdasarkan Gambar 5.8 dapat dilihat pada Tabel 5.24 berikut.

Tabel 5.24 Luasan Berdasarkan Jenis Tanah Secara Hidrologi Pada DAS Serayu

No.	Jenis Tanah	Luas (km ²)	Persentase Luasan
1	Kelompok Tanah B	1615,31	44,47
2	Kelompok Tanah C	724,68	19,95
3	Kelompok Tanah D	1291,84	35,56
Jumlah		3631,84	100

5.6.4 Nilai *Curve Number (CN)*

Nilai *CN* untuk setiap jenis klasifikasi lahan dipengaruhi oleh jenis tanah secara hidrologi. Penentuan nilai *curve number (CN)* harus berdasarkan Tabel 3.4.

Hasil nilai *CN* pada DAS Serayu yang telah didapatkan dapat dilihat pada Tabel 5.25 berikut.

Tabel 5.25 Nilai *Curve Number* Setiap Jenis Lahan

Jenis Lahan	Kondisi	CN B	CN C	CN D
Pemukiman	Kedap air 65%	77	90	92
Vegetasi Padi	Tanah yang diolah tanpa konservasi	71	78	81
Vegetasi Hutan	Hutan dengan penutupan baik	55	70	77
Air	100% air	100		

5.7 Hujan Efektif

5.7.1 Perhitungan nilai *Curve Number* (*CN*) dan Retensi Air Tanah (*S*)

Berdasarkan nilai *curve number* (*CN*) yang diperoleh dari klasifikasi jenis lahan dan kelompok tanah tiap area menggunakan tracing peta jenis tanah yang *diclip* menggunakan area DAS Serayu yang sudah dihitung sebelumnya menggunakan *software* QGIS, hasil *CN* tersebut kemudian digunakan untuk menghitung *CN* komposit. *CN* komposit ini diperlukan untuk menentukan nilai retensi potensial maksimum air oleh tanah (*S*). Nilai *S* selanjutnya digunakan pada tahap analisis berikutnya, yakni menghitung kedalaman hujan efektif (*pe*). Proses perhitungan keduanya diawali dengan mengalikan persentase luas setiap jenis lahan dengan persentase kelompok tanah, lalu dikalikan nilai *CN* pada masing-masing kombinasi untuk setiap tahun pengamatan. Sebagai contoh, proses perhitungan untuk lahan permukiman pada tahun 2015 dengan kelompok tanah B dapat dilihat berikut ini.

$$(\% \times \text{CN}) = \frac{A \text{ Jenis Lahan}}{\sum \text{Luas Klasifikasi Lahan}} \times \text{Persen Luas Kel. Tanah} \times \text{CN}$$

$$(\% \times \text{CN}) = \frac{730,96}{3124,43} \times 38,85 \times 77$$

$$(\% \times \text{CN}) = 699,84\%$$

Perhitungan persentase pada jenis lahan dan kelompok tanah yang lainnya yaitu sama seperti diatas. Hasil perhitungan antara persentase dengan nilai *CN* pada

lahan tahun 2015 dengan kondisi kelompok tanah masing-masing dapat dilihat pada Tabel 5.26 berikut.

Tabel 5.26 Perhitungan CN Komposit Pada Lahan Tahun 2015

No.	Klasifikasi Lahan	Tipe tanah			Luas km2	% DAS	% x CN
		B	C	D			
1	Pemukiman	77			833,14	22,94	1766,38
2	Vegetasi Hutan		78		1941,49	53,46	4169,88
3	Vegetasi Padi			77	763,25	21,02	1618,54
4	Air	100			93,98	2,59	232,33
Total					3631,86	100	7801,40

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, selanjutnya menghitung nilai CN komposit pada lahan tahun 2015 dengan persamaan di bawah ini

$$CN \text{ komposit} = \frac{\sum \text{Persentase} \times CN}{100}$$

$$CN \text{ komposit} = \frac{7813,8}{100} = 78,13$$

Sedangkan nilai retensi potensial maksimum (S) pada lahan tahun 2015 menggunakan persamaan berikut.

$$S = \frac{25400}{78,13} - 254$$

$$S = 71,06 \text{ mm}$$

Perhitungan CN komposit sama seperti pada lahan 2015. Hasil perhitungan antara persentase dengan nilai CN pada lahan tahun 2019 dengan kondisi kelompok tanah masing-masing dapat dilihat pada Tabel 5.27 berikut.

Tabel 5.27 Perhitungan CN Komposit Pada Lahan Tahun 2019

No.	Klasifikasi Lahan	Tipe tanah			Luas km2	% DAS	% x CN
		B	C	D			
1	Pemukiman	77	78	77	859,26	23,66	1821,744
2	Vegetasi Hutan				1913,18	52,68	4108,871
3	Vegetasi Padi				754,10	20,76	1598,791
4	Air	100			105,31	2,90	289,96
Total					3631,85	100	7819,37

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, selanjutnya menghitung nilai *CN* komposit pada lahan tahun 2019 dengan persamaan di bawah ini

$$CN \text{ komposit} = \frac{\sum \text{Persentase} \times CN}{100}$$

$$CN \text{ komposit} = \frac{7819,37}{100} = 78,19$$

Sedangkan nilai retensi potensial maksimum (*S*) pada lahan tahun 2019 menggunakan persamaan berikut.

$$S = \frac{25400}{78,19} - 254$$

$$S = 70,83 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan antara persentase dengan nilai *CN* pada lahan tahun 2024 dengan kondisi kelompok tanah masing-masing dapat dilihat pada Tabel 5.28 berikut

Tabel 5.28 Perhitungan CN Komposit Pada Lahan Tahun 2024

No.	Klasifikasi Lahan	Tipe tanah			Luas km2	% DAS	% x CN
		B	C	D			
1	Pemukiman	77			1026,98	28,28	2177,34
2	Vegetasi Hutan		78		1773,19	48,82	3808,23
3	Vegetasi Padi			77	715,91	19,71	1517,83
4	Air	100			115,76	3,19	318,73
Total					3631,84	100	7822,13

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, selanjutnya menghitung nilai CN komposit pada lahan tahun 2024 dengan persamaan di bawah ini

$$CN \text{ komposit} = \frac{\sum \text{Persentase} \times CN}{100}$$

$$CN \text{ komposit} = \frac{7822,13}{100} = 78,22$$

Sedangkan nilai retensi potensial maksimum (S) pada lahan tahun 2019 menggunakan persamaan berikut.

$$S = \frac{25400}{78,22} - 254$$

$$S = 70,71 \text{ mm}$$

5.7.2 Hujan Efektif dari Metode *Alternating Block Method* (ABM)

Hujan yang jatuh di permukaan tanah merupakan fungsi waktu yang biasanya dinyatakan dalam bentuk histogram serta histogram hujan efektif diperoleh dengan mengurangi kehilangan air terhadap histogram hujan total. Tahapan analisis ini adalah untuk menghitung nilai kedalaman hujan efektif (p_e) dengan menggunakan data distribusi hujan dari metode ABM. Nilai kedalaman hujan efektif (p_e) berguna untuk mencari nilai debit banjir menggunakan hidrograf satuan sintetis (HSS). Data distribusi hujan (p) metode ABM yang digunakan untuk mencari nilai kedalaman hujan efektif (p_e) pada periode ulang 20 tahun dapat dilihat pada Tabel 5.29.

Tabel 5.29 Data Distribusi Hujan Metode ABM Periode Ulang 20 Tahun

t	p	p kumulatif
Jam ke-	mm	mm
1	5,1	5,1
2	6,5	11,6
3	9,7	21,3
4	53,1	74,3
5	13,8	88,1

Lanjutan Tabel 5.29 Data Distribusi Hujan Metode ABM Periode Ulang 20 Tahun

t	p	p kumulatif
Jam ke-	mm	mm
6	7,7	95,8
7	5,7	101,5
8	4,6	106,1

Nilai kedalaman hujan efektif (p_e) pada periode ulang 20 tahun dihitung dengan menggunakan nilai retensi potensial maksimum (S) pada tahun pengamatan masing-masing. Analisis perhitungan tersebut adalah seperti berikut ini.

1. Kondisi Lahan Tahun 2015

Diperoleh didapatkan nilai resistensi air tanah (S) sebesar 71,06 mm, maka kemudian dapat dicari nilai hujan efektifnya. Nilai kedalaman hujan kumulatif yang lebih kecil dari $0,2S$ merupakan nilai hujan yang dianggap meresap ke dalam tanah dan tidak menjadi limpasan permukaan. Sedangkan nilai kedalaman hujan yang lebih besar dari $0,2S$ menjadi limpasan permukaan. Nilai kedalaman hujan efektif hanya berlaku untuk nilai $p_{kum} \leq 0,2S = 14,21$ mm, oleh karena itu hujan efektif yang menjadi limpasan terjadi akibat hujan total yang dimulai dari jam ke-3. Walaupun hujan efektif dimulai oleh hujan total jam ke-3, tetapi hujan efektif tersebut merupakan hujan efektif pertama (jam-ke1) sehingga penulisannya menjadi hujan efektif jam ke 1. Contoh perhitungan nilai kedalaman hujan efektif kumulatif pada saat jam ke-3 adalah sebagai berikut.

$$p_{e \text{ kumulatif jam ke-1}} = \frac{(P-0,2S)^2}{P+0,8 S}$$

$$p_{e \text{ kumulatif jam ke-1}} = \frac{(21,3-0,2 \times 71,06)^2}{21,3+0,8 \times 71,06}$$

$$p_{e \text{ kumulatif jam ke-1}} = 0,643 \text{ mm}$$

Nilai kedalaman hujan efektif pada setiap jam adalah sebagai berikut.

$$p_e = p_{kum} - p_{kum-1}$$

$$p_{e \text{ jam ke-1}} = 0,643 - 0$$

$$p_{e \text{ jam ke-1}} = 0,643 \text{ mm}$$

Perhitungan nilai kedalaman hujan efektif pada waktu yang lain, caranya sama seperti diatas dan rekapitulasi hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.30.

Tabel 5.30 Hujan Efektif (p_e) Metode ABM Periode Ulang 20 Tahun Untuk Lahan Tahun 2015

t	p	p kumulatif	p_e kumulatif	p_e
Jam ke-	mm	mm	mm	mm
1	9,7	21,3	0,64	0,64
2	53,1	74,3	27,53	26,89
3	13,8	88,1	37,66	10,13
4	7,7	95,8	43,61	5,94
5	5,7	101,5	48,12	4,51
6	4,6	106,1	51,82	3,70

2. Kondisi Lahan Tahun 2019

Diperoleh didapatkan nilai resistensi air tanah (S) sebesar 70,83 mm, maka kemudian dapat dicari nilai hujan efektifnya. Nilai kedalaman hujan kumulatif yang lebih kecil dari 0,2S merupakan nilai hujan yang dianggap meresap ke dalam tanah dan tidak menjadi limpasan permukaan. Sedangkan nilai kedalaman hujan yang lebih besar dari 0,2S menjadi limpasan permukaan. Nilai kedalaman hujan efektif hanya berlaku untuk nilai $p_{kum} \leq 0,2S = 14,16$ mm, oleh karena itu hujan efektif yang menjadi limpasan terjadi akibat hujan total yang dimulai dari jam ke-3. Walaupun hujan efektif dimulai oleh hujan total jam ke-3, tetapi hujan efektif tersebut merupakan hujan efektif pertama (jam-ke1) sehingga penulisannya menjadi hujan efektif jam ke 1. Contoh perhitungan nilai kedalaman hujan efektif kumulatif pada saat jam ke-3 adalah sebagai berikut.

$$p_{e \text{ kumulatif jam ke-1}} = \frac{(P-0,2S)^2}{P+0,8 S}$$

$$p_{e \text{ kumulatif jam ke-1}} = \frac{(21,3-0,2 \times 70,83)^2}{21,3+0,8 \times 70,83}$$

$$p_{e \text{ kumulatif jam ke-1}} = 0,65 \text{ mm}$$

Nilai kedalaman hujan efektif pada setiap jam adalah sebagai berikut.

$$p_e = p_{kum} - p_{kum-1}$$

$$p_{e \text{ jam ke-1}} = 0,65 - 0$$

$$p_{e \text{ jam ke-1}} = 0,65 \text{ mm}$$

Perhitungan nilai kedalaman hujan efektif pada waktu yang lain, caranya sama seperti diatas dan rekapitulasi hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.31.

Tabel 5.31 Hujan Efektif (p_e) Metode ABM Periode Ulang 20 Tahun Untuk Lahan Tahun 2019

t	p	p kumulatif	p_e kumulatif	p_e
Jam ke-	mm	mm	mm	mm
1	9,7	21,3	0,65	0,65
2	53,1	74,3	27,61	26,96
3	13,8	88,1	37,76	10,15
4	7,7	95,8	43,71	5,95
5	5,7	101,5	48,22	4,51
6	4,6	106,1	51,93	3,70

3. Kondisi Lahan Tahun 2024

Diperoleh didapatkan nilai resistensi air tanah (S) sebesar 70,71 mm, maka kemudian dapat dicari nilai hujan efektifnya. Nilai kedalaman hujan kumulatif yang lebih kecil dari 0,2S merupakan nilai hujan yang dianggap meresap ke dalam tanah dan tidak menjadi limpasan permukaan. Sedangkan nilai kedalaman hujan yang lebih besar dari 0,2S menjadi limpasan permukaan. Nilai kedalaman hujan efektif hanya berlaku untuk nilai $p_{kum} \leq 0,2S = 14,47 \text{ mm}$, oleh karena itu hujan efektif yang menjadi limpasan terjadi akibat hujan total yang dimulai dari jam ke-3. Walaupun hujan efektif dimulai oleh hujan total jam ke-3, tetapi hujan efektif tersebut merupakan hujan efektif pertama (jam-ke1) sehingga penulisannya menjadi hujan efektif jam ke 1. Contoh perhitungan nilai kedalaman hujan efektif kumulatif pada saat jam ke-3 adalah sebagai berikut.

$$p_{e \text{ kumulatif jam ke-1}} = \frac{(P-0,2S)^2}{P+0,8 S}$$

$$p_{e \text{ kumulatif jam ke-1}} = \frac{(21,3-0,2 \times 70,71)^2}{21,3+0,8 \times 70,71}$$

$$p_{e \text{ kumulatif jam ke-1}} = 0,66 \text{ mm}$$

Nilai kedalaman hujan efektif pada setiap jam adalah sebagai berikut.

$$p_e = p_{kum} - p_{kum-1}$$

$$p_{e \text{ jam ke-1}} = 0,66 - 0$$

$$p_{e \text{ jam ke-1}} = 0,66 \text{ mm}$$

Perhitungan nilai kedalaman hujan efektif pada waktu yang lain, caranya sama seperti diatas dan rekapitulasi hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.32.

Tabel 5.32 Hujan Efektif (p_e) Metode ABM Periode Ulang 20 Tahun Untuk Lahan Tahun 2024

t	p	p kumulatif	p_e kumulatif	p_e
Jam ke-	mm	mm	mm	mm
1	9.7	21.3	0,66	0,66
2	53.1	74.3	27,65	27,00
3	13.8	88.1	37,81	10,16
4	7.7	95.8	43,76	5,95
5	5.7	101.5	48,28	4,52
6	4.6	106.1	51,98	3,71

5.7.3 Hujan Efektif dari Metode Tadashi Tanimoto

Hujan yang jatuh di permukaan tanah merupakan fungsi waktu yang biasanya dinyatakan dalam bentuk histogram serta histogram hujan efektif diperoleh dengan mengurangi kehilangan air terhadap histogram hujan total. Tahapan analisis ini adalah untuk menghitung nilai kedalaman hujan efektif (p_e) dengan menggunakan data distribusi hujan dari metode tadashi tanimoto. Nilai kedalaman hujan efektif (p_e) berguna untuk mencari nilai debit banjir menggunakan Hidrograf Satuan Sintetis (HSS). Di bawah ini adalah data distribusi hujan (p) metode tadashi tanimoto yang akan digunakan untuk mencari nilai kedalaman hujan efektif (p_e) pada periode ulang 20 tahun yang dapat dilihat pada Tabel 5.33.

Tabel 5.33 Data Distribusi Hujan Metode Tadashi Tanimoto Periode Ulang 20 Tahun

t	p	p kumulatif
Jam ke-	mm	mm
1	27,59	27,59
2	25,47	53,06
3	18,04	71,09
4	13,79	84,89
5	7,43	92,32
6	5,84	98,15
7	4,24	102,40
8	3,71	106,11

Nilai kedalaman hujan efektif (p_e) pada periode ulang 20 tahun dihitung dengan menggunakan nilai retensi potensial maksimum (S) pada tahun pengamatan masing-masing. Analisis perhitungan tersebut adalah seperti berikut ini.

1. Kondisi Lahan Tahun 2015

Diperoleh didapatkan nilai resistensi air tanah (S) sebesar 71,06 mm, maka kemudian dapat dicari nilai hujan efektifnya. Nilai kedalaman hujan kumulatif yang lebih kecil dari 0,2S merupakan nilai hujan yang dianggap meresap ke dalam tanah dan tidak menjadi limpasan permukaan. Sedangkan nilai kedalaman hujan yang lebih besar dari 0,2S menjadi limpasan permukaan. Nilai kedalaman hujan efektif hanya berlaku untuk nilai $p_{kum} \leq 0,2S = 14,21$ mm. Nilai $p_{e\ kumulatif}$ pada saat jam-ke 1 lebih besar dari 0,2S, maka perhitungan nilai kedalaman hujan efektif jam-jaman yang menjadi limpasan dimulai pada saat hujan total jam ke-1, seperti berikut ini.

$$p_{e\ kumulatif\ jam\ ke-1} = \frac{(P-0,2S)^2}{P+0,8\ S}$$

$$p_{e\ kumulatif\ jam\ ke-1} = \frac{(27,57-0,2 \times 71,06)^2}{27,57+0,8 \times 71,06}$$

$$p_{e\ kumulatif\ jam\ ke-1} = 2,12\ mm$$

Sedangkan untuk mencari nilai kedalaman hujan efektif pada setiap jam adalah sebagai berikut.

$$p_e = p_{kum\ i} - p_{kum-1}$$

$$p_{e\ jam\ ke-1} = 2,12 - 0$$

$$p_{e\ jam\ ke-1} = 2,12\ mm$$

Perhitungan nilai kedalaman hujan efektif pada waktu yang lain, caranya sama seperti diatas dan rekapitulasi hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.34.

Tabel 5.34 Hujan Efektif (p_e) Tadashi Tanimoto Periode Ulang 20 Tahun Untuk Lahan Tahun 2015

t	p	p kumulatif	p_e kumulatif	p_e
Jam ke-	mm	mm	mm	mm
1	27,59	27,59	2,12	2,12
2	25,47	53,06	13,73	11,61
3	18,04	71,09	25,29	11,56
4	13,79	84,89	35,24	9,95
5	7,43	92,32	40,90	5,65
6	5,84	98,15	45,46	4,56
7	4,24	102,40	48,83	3,38
8	3,71	106,11	51,82	2,99

2. Kondisi Lahan Tahun 2019

Diperoleh didapatkan nilai resistensi air tanah (S) sebesar 70,83 mm, maka kemudian dapat dicari nilai hujan efektifnya. Nilai kedalaman hujan kumulatif yang lebih kecil dari 0,2S merupakan nilai hujan yang dianggap meresap ke dalam tanah dan tidak menjadi limpasan permukaan. Sedangkan nilai kedalaman hujan yang lebih besar dari 0,2S menjadi limpasan permukaan. Nilai kedalaman hujan efektif hanya berlaku untuk nilai $p_{kum} \leq 0,2S = 14,16\ mm$. Nilai $p_{e\ kumulatif}$ pada saat jam-ke 1 lebih besar dari 0,2S, maka perhitungan nilai kedalaman hujan efektif jam-jaman yang menjadi limpasan dimulai pada saat hujan total jam ke-1, seperti berikut ini.

$$p_{e\ kumulatif\ jam\ ke-1} = \frac{(P-0,2S)^2}{P+0,8\ S}$$

$$p_{e\ kumulatif\ jam\ ke-1} = \frac{(27,59-0,2 \times 70,83)^2}{27,59 + 0,8 \times 70,83}$$

$$p_{e \text{ kumulatif jam ke-1}} = 2,00 \text{ mm}$$

Nilai kedalaman hujan efektif pada setiap jam adalah sebagai berikut.

$$p_e = p_{kum} - p_{kum-1}$$

$$p_{e \text{ jam ke-1}} = 2,14 - 0$$

$$p_{e \text{ jam ke-1}} = 2,14 \text{ mm}$$

Perhitungan nilai kedalaman hujan efektif pada waktu yang lain, caranya sama seperti diatas dan rekapitulasi hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.35.

Tabel 5.35 Hujan Efektif (p_e) Metode ABM Periode Ulang 20 Tahun Untuk Lahan Tahun 2019

t	p	p kumulatif	p_e kumulatif	p_e
Jam ke-	mm	mm	mm	mm
1	27,59	27,59	2,14	2,14
2	25,47	53,06	13,78	11,65
3	18,04	71,09	25,37	11,58
4	13,79	84,89	35,33	9,97
5	7,43	92,32	40,99	5,66
6	5,84	98,15	45,56	4,57
7	4,24	102,40	48,94	3,38
8	3,71	106,11	51,94	2,99

3. Kondisi Lahan Tahun 2024

Diperoleh didapatkan nilai resistensi air tanah (S) sebesar 70,71 mm, maka kemudian dapat dicari nilai hujan efektifnya. Nilai kedalaman hujan kumulatif yang lebih kecil dari 0,2S merupakan nilai hujan yang dianggap meresap ke dalam tanah dan tidak menjadi limpasan permukaan. Sedangkan nilai kedalaman hujan yang lebih besar dari 0,2S menjadi limpasan permukaan. Nilai kedalaman hujan efektif hanya berlaku untuk nilai $p_{kum} \leq 0,2S = 14,14 \text{ mm}$. Nilai $p_{e \text{ kumulatif}}$ pada saat jam-ke 1 lebih besar dari 0,2S, maka perhitungan nilai kedalaman hujan efektif jam-jaman yang menjadi limpasan dimulai pada saat hujan total jam ke-1, seperti berikut ini.

$$p_{e \text{ kumulatif jam ke-1}} = \frac{(P-0,2S)^2}{P+0,8 S}$$

$$p_e \text{ kumulatif jam ke-1} = \frac{(27,59 - 0,2 \times 70,71)^2}{27,59 + 0,8 \times 70,71}$$

$$p_e \text{ kumulatif jam ke-1} = 2,01 \text{ mm}$$

Nilai kedalaman hujan efektif pada setiap jam adalah sebagai berikut.

$$p_e = p_{kum} - p_{kum-1}$$

$$p_e \text{ jam ke-1} = 2,15 - 0$$

$$p_e \text{ jam ke-1} = 2,15 \text{ mm}$$

Perhitungan nilai kedalaman hujan efektif pada waktu yang lain, caranya sama seperti diatas dan rekapitulasi hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.36.

Tabel 5.36 Hujan Efektif (p_e) Metode ABM Periode Ulang 20 Tahun Untuk Lahan Tahun 2024

t	p	p kumulatif	p_e kumulatif	p_e
Jam ke-	mm	mm	mm	mm
1	27,59	27,59	2,15	2,15
2	25,47	53,06	13,81	11,66
3	18,04	71,09	25,41	11,59
4	13,79	84,89	35,38	9,98
5	7,43	92,32	41,05	5,66
6	5,84	98,15	45,62	4,57
7	4,24	102,40	49,00	3,38
8	3,71	106,11	51,99	3,00

5.8 Hidrograf Satuan Sintesis

Pada tahap ini, dikarena tidak tersedia data hidrologi, dilakukan analisis hidrograf satuan sintetis menggunakan metode *SCS (Soil Conservation Service)* dan metode Nakayasu. Data yang digunakan dalam analisis hidrograf satuan sintetis ini berasal dari DAS Serayu, yang telah diperoleh pada analisis sebelumnya.

1. Luas DAS (A) = 3631,84 km²
2. Panjang Sungai (L) = 147,89 km
3. Koefisien karakteristik DAS (α) = 1

5.8.1 Hidrograf Satuan Sintetis SCS (*Soil Conservation Service*)

Hidrograf satuan sintetis metode SCS menggunakan hidrograf tak berdimensi yang dikembangkan dari analisis sejumlah besar hidrograf satuan data lapangan. Dalam analisis perhitungan hidrograf satuan sintetis metode SCS menggunakan persamaan 3.16 dan persamaan 3.18, tetapi sebelum itu harus mencari beberapa parameter yang harus digunakan seperti berikut ini.

1. Waktu Konsentrasi (t_c)

Nilai waktu konsentrasi (t_c) sudah didapatkan pada analisis intensitas hujan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$t_c = \frac{0,06628L^{0,77}}{S^{0,385}}$$

$$t_c = \frac{0,06628 \times 147,89^{0,77}}{0,88^{0,385}}$$

$$t_c = 7,93 \text{ jam}$$

2. Waktu kelambatan (t_p)

Nilai t_p didapatkan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$t_p = 0,6 \times t_c$$

$$t_p = 0,6 \times 7,93$$

$$t_p = 4,75 \text{ jam}$$

3. Durasi hujan efektif (t_r)

Nilai t_r didapatkan dari durasi hujan efektif metode ABM yang sudah dicari pada perhitungan nilai kedalaman hujan efektif yaitu $t_r = 6$ jam

4. Waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidrograf (p_r)

Nilai p_r didapatkan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$p_r = 0,5t_r + t_p$$

$$p_r = (0,5 \times 6) + 4,75$$

$$p_r = 7,75 \text{ jam}$$

5. Debit puncak banjir (Q_p)

Nilai Q_p didapatkan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$Q_p = \frac{0,208A}{p_r}$$

$$Q_p = \frac{0,208 \times 3631,84}{7,75}$$

$$Q_p = 97,47 \text{ m}^3/\text{detik}/\text{mm}$$

Bentuk hidrograf satuan sintetis metode SCS sudah ditentukan seperti pada Tabel 3.10. Nilai t didapatkan dari perkalian antara t/T_p dengan nilai T_p . Sedangkan nilai Q didapatkan dari perkalian antara nilai Q/Q_p dengan nilai Q_p . Hasil perkalian dari nilai tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.37 berikut.

Tabel 5.37 Bentuk Hidrograf Satuan Sintetis Metode SCS DAS Serayu

t/p_r	t	Q/Q_p	Q	t/Q_p	t	Q/Q_p	Q
0	0	0	0,000	1,5	7,137	0,66	55,287
0,1	0,476	0,015	1,257	1,6	7,613	0,56	46,910
0,2	0,952	0,075	6,283	1,8	8,565	0,42	35,183
0,3	1,427	0,16	13,403	2	9,516	0,26	21,780
0,4	1,903	0,28	23,455	2,2	10,468	0,24	20,104
0,5	2,379	0,43	36,020	2,4	11,419	0,18	15,078
0,6	2,855	0,6	50,261	2,6	12,371	0,14	11,728
0,7	3,331	0,77	64,502	2,8	13,323	0,12	10,052
0,8	3,806	0,89	74,554	3	14,274	0,075	6,283
0,9	4,282	0,97	81,255	3,5	16,653	0,036	3,016
1	4,758	1	83,768	4	19,032	0,018	1,508
1,1	5,234	0,98	82,093	4,5	21,411	0,009	0,754
1,2	5,710	0,92	77,067	5	23,790	0,004	0,335
1,3	6,185	0,84	70,365			0	0
1,4	6,661	0,75	62,826				

Nilai t pada Tabel 5.37 tidak dalam bentuk bilangan bulat, sehingga perlu dibuat dalam bentuk bilangan bulat seperti $t=1$ jam, $t=2$ jam, dan seterusnya. Maka dari itu nilai debit unit hidrograf (UH) perlu diinterpolasi. Contoh perhitungan interpolasi pada saat $t=1$ jam adalah sebagai berikut.

$$UH_{t=1\text{jam}} = Q_0 + \frac{(t_1-t_0)}{(t_2-t_0)} \times (Q_2 - Q_0)$$

$$UH_{t=1\text{jam}} = 6,51 + \frac{(1-0,476)}{(1,43-0,476)} \times (11,87 - 5,56)$$

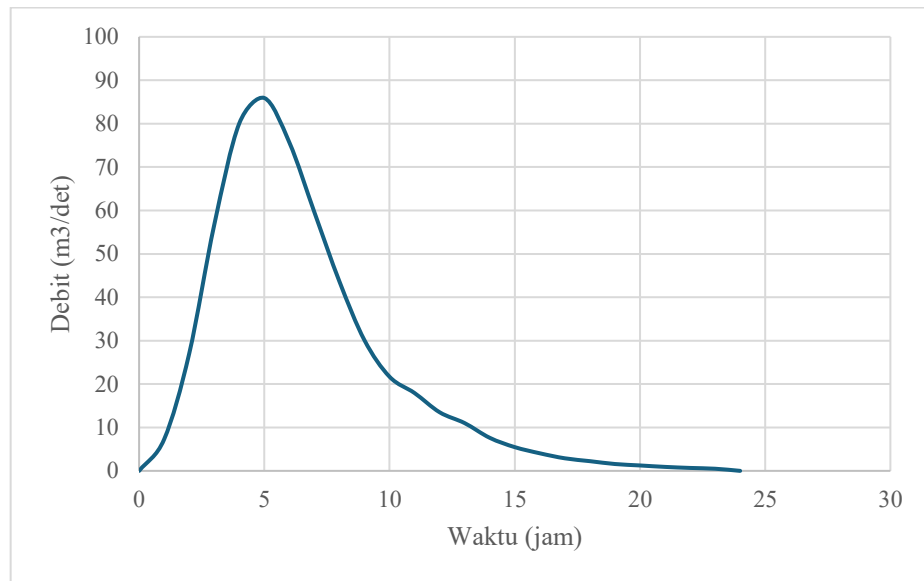
$$UH_{t=1\text{jam}} = 6,79$$

Untuk perhitungan pada jam selanjutnya sama seperti diatas, hasil dari debit puncak banjir pada jam selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.38 berikut.

Tabel 5.38 Unit Hidrograf Satuan Sintetis Metode SCS Pada DAS Serayu

t (jam ke-)	UH (m³/detik/mm	t (jam ke-)	UH (m³/detik/mm
0	0	13	12,34
1	7,90	14	8,57
2	30,23	15	6,14
3	63,47	16	4,55
4	89,83	17	3,25
5	96,38	18	2,51
6	84,83	19	1,78
7	66,79	20	1,40
8	48,98	21	1,40
9	33,77	22	0,76
10	24,33	23	0,55
11	20,10	24	0,39
12	15,15	25	0

Menggunakan nilai diatas, bentuk dari hidrograf satuan sintetis metode SCS dapat dilihat pada Gambar 5.9 berikut.



Gambar 5.9 Unit Hidrograf Satuan Sintetis Metode SCS

Nilai debit yang sudah didapatkan harus dibuktikan bahwa nilai tersebut diakibatkan oleh kedalaman hujan efektif sebesar 1 mm. Nilai kedalaman hujan diperoleh dari pembagian antara jumlah volume limpasan dan luas DAS. Dibawah ini adalah contoh perhitungan untuk mendapatkan volume limpasan pada saat $t=0$ jam dan persamaan untuk mendapatkan volume limpasan pada saat nilai t yang lainnya.

$$V_t = (UH_t + UH_{t+1}) \times (T_{t+1} - T_t) \times 0,5 \times 60 \times 60$$

$$V_{t=0jam} = (0 + 7,90) \times (1-0) \times 0,5 \times 60 \times 60$$

$$V_{t=0jam} = 14214,69 \text{ m}^3$$

Sedangkan untuk mendapatkan volume limpasan pada saat nilai t yang lainnya sama menggunakan persamaan diatas, dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.39.

Tabel 5.39 Perhitungan Unit Hidrograf Awal dan Volume Awal HSS SCS

t (jam ke-)	UH (m ³ /detik/mm	VAsli (m ³)	t (jam ke-)	UH (m ³ /detik/mm	VAsli (m ³)
0	0	14214,69	12	15,15	49491,99
1	7,90	68637,41	13	12,34	37639,01
2	30,23	168674,92	14	8,57	26478,12
3	63,47	275946,43	15	6,14	19246,71
4	89,83	335182,48	16	4,55	14036,67
5	96,38	326182,02	17	3,25	10373,75
6	84,83	272918,06	18	2,51	7721,53
7	66,79	208394,80	19	1,78	5710,94
8	48,98	148951,42	20	1,40	5026,47
9	33,77	104568,94	21	1,40	3873,83
10	24,33	79971,29	22	0,76	2352,82
11	20,10	63454,40	23	0,55	1699,49

Berdasarkan nilai volume limpasan asli diatas, kemudian dicari nilai kedalaman hujan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Kedalaman hujan} = \frac{\sum \text{Volume limpasan Asli}}{\text{Luas DAS}}$$

$$\text{Kedalaman hujan} = \frac{2251455,44}{3631,84 \times 10^6} = 0,000619 \text{ m} = 0,61 \text{ mm}$$

Berdasarkan hasil kedalaman hujan harus diperoleh nilainya sama dengan 1 (satu). Karena kedalaman hujan tidak sama dengan satu, maka dilakukan koreksi terhadap hidrograf satuan. Cara melakukan koreksi yaitu mengalikan faktor koreksi dengan hidrograf satuan. Faktor koreksi dihitung sebagai berikut.

$$\text{Faktor Koreksi (f)} = \frac{1}{\text{kedalaman hujan}} = \frac{1}{0,61} = 1,61$$

Contoh perhitungan antara perkalian faktor koreksi dengan hidrograf satuan awal (Q_{awal}) adalah sebagai berikut.

$$UH_{koreksi} = \text{faktor koreksi} \times UH_{awal}$$

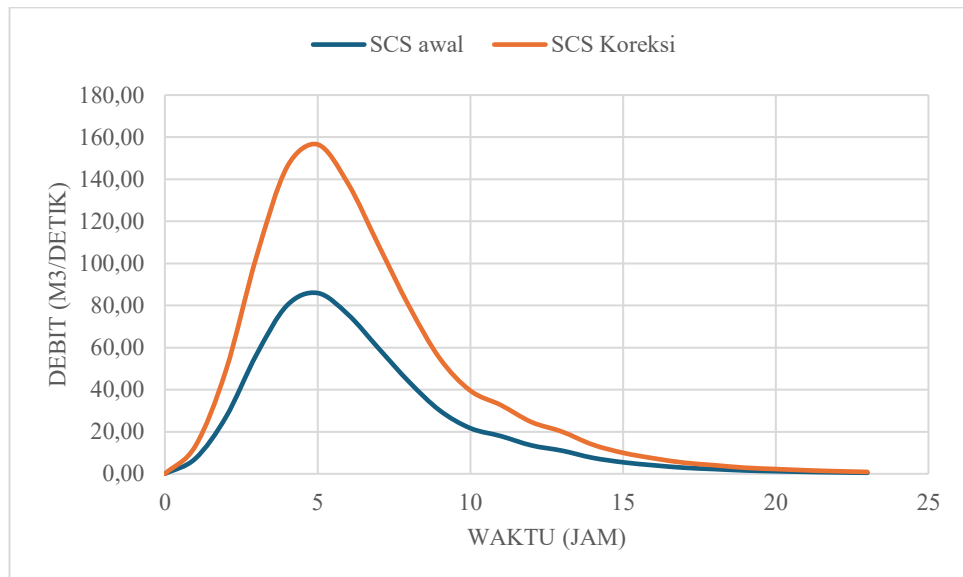
$$UH_{koreksi} = 1,61 \times 7,90 = 12,74 \text{ m}^3/\text{detik/mm}$$

Untuk mendapatkan hidrograf satuan koreksi ($UH_{koreksi}$) pada saat nilai t yang lainnya yaitu sama seperti diatas, dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.40.

Tabel 5.40 Perhitungan Unit Hidrograf Koreksi Metode SCS

t (jam ke-)	UHAwal ($\text{m}^3/\text{detik/mm}$)	VAwal (m^3)	UHKoreksi ($\text{m}^3/\text{detik/m}$)	VKoreksi (m^3)
0	0,00	14214,69	0,00	22929,84
1	7,90	68637,41	12,74	102004,50
2	30,23	168674,92	48,77	238724,01
3	63,47	275946,43	102,39	375082,69
4	89,83	335182,48	144,91	441549,76
5	96,38	326182,02	155,48	419800,01
6	84,83	272918,06	136,84	346628,71
7	66,79	208394,80	107,74	262452,97
8	48,98	148951,42	79,02	186216,77
9	33,77	104568,94	54,47	131415,79
10	24,33	79971,29	39,24	102155,60
11	20,10	63454,40	32,43	80174,58
12	15,15	49491,99	24,44	63115,80
13	12,34	37639,01	19,91	47092,02
14	8,57	26478,12	13,82	33259,10
15	6,14	19246,71	9,91	24266,07
16	4,55	14036,67	7,34	17623,31
17	3,25	10373,75	5,24	13147,35
18	2,51	7721,53	4,05	9682,08
19	1,78	5710,94	2,87	7251,83
20	1,40	5026,47	2,25	6567,36
21	1,40	3873,83	2,25	4708,02
22	0,76	2352,82	1,22	2961,17
23	0,55	1699,49	0,89	2133,12
24	0,39	707,26	0,63	707,26
Jumlah		2251455,44		2941649,72

Berdasarkan nilai diatas bentuk dari hidrograf satuan sintetis metode SCS yang asli dengan yang terkoreksi dapat dilihat pada Gambar 5.10. Karena faktor koreksi mendekati satu, maka hidrograf satuan sintetis awal dan terkoreksi itu mempunyai garis yang berhimpitan seperti dibawah ini.



Gambar 5.10 Unit Hidrograf Satuan Sintetis Metode SCS Awal dan Koreksi

5.8.2 Hidrograf Satuan Sintetis Metode Nakayasu

Hidrograf banjir rencana pada penelitian ini juga dibentuk dengan metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu. Metode ini dipilih karena praktis, sederhana, serta banyak digunakan di Indonesia untuk memodelkan respon banjir pada daerah aliran sungai (DAS) yang memiliki keterbatasan data debit. HSS Nakayasu membutuhkan beberapa parameter dasar DAS sebagai input perhitungan, antara lain luas DAS, panjang alur sungai terpanjang, hujan satuan, dan koefisien pengaliran.

Dalam analisis perhitungan hidrograf satuan sintetis metode Nakayasu menggunakan persamaan 3.19 sampai persamaan 3.23, tetapi sebelum itu ada beberapa parameter yang harus didapatkan seperti berikut ini.

1. Waktu Konsentrasi Hujan (T_g)

$$T_g = 0,4 + 0,058 \times L$$

$$T_g = 0,4 + 0,058 \times 147,897$$

$$= 8,98 \text{ jam}$$

2. Waktu Curah Hujan (T_r)

$$T_r = 0,75 \times T_g$$

$$T_r = 0,75 \times 8,98$$

$$= 6,73 \text{ jam}$$
3. Waktu Puncak (T_p)

$$T_p = T_g + (0.8 \times T_r)$$

$$T_p = 2,93 + (0.8 \times 8,98)$$

$$= 8,12 \text{ jam}$$
4. Waktu penurunan debit

$$T_{0.3} = \alpha \times T_g$$

$$T_{0.3} = 1,41 + 8,98$$

$$= 12,72 \text{ jam}$$
5. Debit Puncak (Q_p)

$$Q_p = \frac{A \times Rc}{3.6 \times (0.3T_p + T_r)}$$

$$Q_p = \frac{3631,844 \times 1}{3.6 \times (0.3 \times 8,12 + 6,73)}$$

$$Q_p = 66,55 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Berdasarkan hasil analisis, parameter hidrograf HSS Nakayasu yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk membentuk hidrograf banjir rencana pada berbagai kala ulang. Besarnya debit puncak (Q_p) sangat dipengaruhi oleh curah hujan rencana hasil analisis frekuensi. Semakin besar kala ulang, maka curah hujan rencana yang digunakan semakin tinggi, sehingga debit puncak yang dihasilkan juga semakin besar.

Bentuk hidrograf satuan sintetis metode Nakayasu didapatkan dengan mencari nilai-nilai menggunakan beberapa persamaan berikut.

1. Pada saat kurva naik ($0 < t < T_p = 8,12$)

Debit unit hidrograf pada saat kurva naik didapatkan dengan menggunakan persamaan 3.24. Dibawah merupakan contoh perhitungan pada saat $t = 1$ jam.

$$UH_t = Q_p \times \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2,4}$$

$$UH_{t=1 \text{ jam}} = 59,08 \times \left(\frac{1}{8,12}\right)^{2,4}$$

$$UH_{t=1 \text{ jam}} = 0,388 \text{ m}^3/\text{detik/mm}$$

Untuk mendapatkan nilai debit pada saat nilai t yang lainnya caranya yaitu sama seperti diatas, dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.41.

Tabel 5.41 Unit Hidrograf pada Kurva ($0 < t < 8,12$)

t (jam ke-)	UH (m³/detik/mm)
1	0,437
2	2,31
3	6,11
4	12,18
5	20,80
6	32,23
7	46,65
8	64,28

2. Pada saat kurva turun ($T_p=8,12 < t < T_p + T_{0,3} = 20,84$)

Debit unit hidrograf pada saat kurva naik didapatkan dengan menggunakan persamaan 3.25. Dibawah merupakan contoh perhitungan pada saat $t = 9$ jam.

$$UH_t = Q_p \times 0,3^{(t-T_p)/T_{0,3}}$$

$$UH_{t=9 \text{ jam}} = 66,55 \times 0,3^{(9-8,12)/12,72}$$

$$UH_{t=9 \text{ jam}} = 61,22 \text{ m}^3/\text{detik/mm}$$

Untuk mendapatkan nilai debit pada saat nilai t yang lainnya yaitu sama seperti diatas, dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.42.

Tabel 5.42 Unit Hidrograf pada Kurva (8,12<t<20,32)

t (jam ke-)	UH (m³/detik/mm)
9	61,22
10	55,69
11	50,66
12	46,09
13	41,93
14	38,14
15	34,70
16	31,56
17	28,71
18	26,12
19	23,76
20	21,62
21	19,67

3. Pada kurva turun ($T_p + T_{0.3} = 20,84 < t < T_p + T_{0.3} + 1,5T_{0.3} = 39,93$)

Debit unit hidrograf pada saat kurva naik didapatkan dengan menggunakan persamaan 3.26. Dibawah merupakan contoh perhitungan pada saat $t = 21$ jam.

$$UH_t = Q_p \times 0,3^{[(t-T_p)/(0,5T_{0.3})]/(1,5T_{0.3})}$$

$$UH_{t=29jam} = 66,55 \times 0,3^{[(29-8,12)/(0,5 \times 6,32)]/(1,5 \times 6,32)}$$

$$UH_{t=29jam} = 18,56 \text{ m}^3/\text{detik/mm}$$

Untuk mendapatkan nilai debit pada saat nilai t yang lainnya yaitu sama seperti diatas, dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.43.

Tabel 5.43 Unit Hidrograf pada Unit Hidrograf pada Kurva 20,84 < t < 39,93

t (jam ke-)	UH (m³/detik/mm)
22	18,56
23	17,42
24	16,36
25	15,36
26	14,42
27	13,54

Lanjutan Tabel 5.43 Unit Hidrograf pada Unit Hidrograf pada Kurva 20,84 < $t < 39,93$

t (jam ke-)	UH (m³/detik/mm)
28	12,71
29	11,93
30	11,20
31	10,52
32	9,88
33	9,27
34	8,70
35	8,17
36	7,67
37	7,20
38	6,76
39	6,26
40	5,97

4. Pada kurva turun ($t > T_p + T_{0.3} + 1,5T_{0.3} = 39,93$)

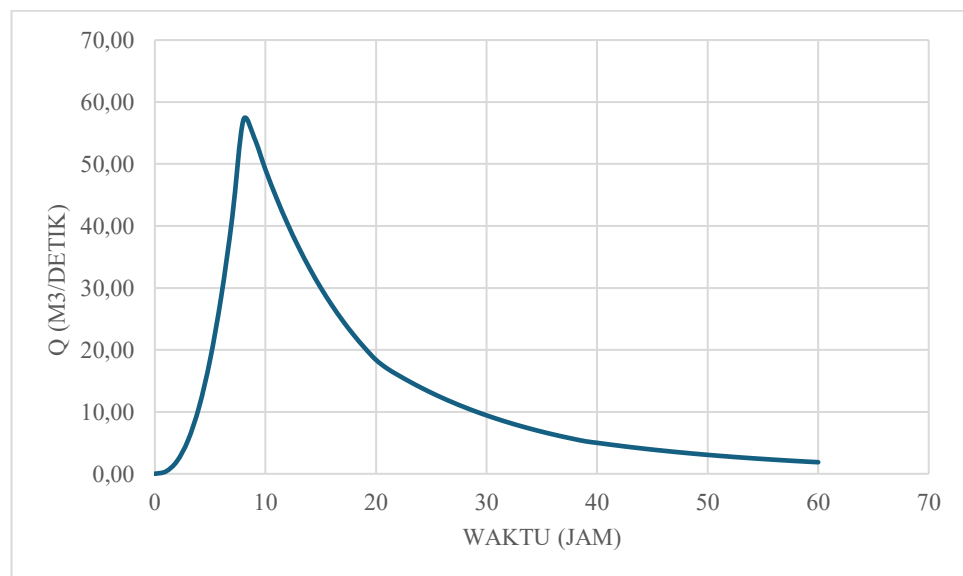
Tabel 5.44 Unit Hidrograf pada Unit Hidrograf pada Kurva $t < 39,93$

t (jam ke-)	UH (m³/detik/mm)
41	5,69
42	5,43
43	5,18
44	4,94
45	4,71
46	4,49
47	4,29
48	4,09
49	3,90
50	3,72
51	3,55
52	3,38
53	3,23
54	3,08
55	2,94

Lanjutan Tabel 5.44 Unit Hidrograf pada Unit Hidrograf pada Kurva $t < 39,93$

t (jam ke-)	UH ($\text{m}^3/\text{detik}/\text{mm}$)
56	2,80
57	2,67
58	2,55
59	2,43
60	2,32

Berdasarkan hasil perhitungan pada saat kurva naik dan turun seperti diatas, bentuk dari hidrograf satuan sintetis metode Nakayasu dapat dilihat pada Gambar 5.11 berikut.



Gambar 5.11 Unit Hidrograf Satuan Sintetis Metode Nakayasu

Nilai debit yang sudah didapatkan harus dibuktikan bahwa nilai tersebut diakibatkan oleh kedalaman hujan efektif sebesar 1 mm. Nilai kedalaman hujan diperoleh dari pembagian antara jumlah volume limpasan dan luas DAS. Dibawah ini adalah contoh perhitungan untuk mendapatkan volume limpasan pada saat $t=0$ jam dan persamaan untuk mendapatkan volume limpasan pada saat nilai t yang lainnya.

$$V_t = (UH_t + UH_{t+1}) \times (T_{t+1} - T_t) \times 0,5 \times 60 \times 60$$

$$V_{t=0 \text{ jam}} = (0 + 0,43) \times (1 - 0) \times 0,5 \times 60 \times 60$$

$$V_{t=0 \text{ jam}} = 790,78 \text{ m}^3$$

Sedangkan untuk mendapatkan volume limpasan pada saat nilai t yang lainnya sama menggunakan persamaan diatas, dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.45.

Tabel 5.45 Perhitungan Unit Hidrograf Awal dan Volume Awal Metode HSS Nakayasu

T(jam)	UHAwal (m ³ /detik/mm)	VAwal (m ³)	T(jam)	UHAwal (m ³ /detik/mm)	VAwal (m ³)
0	0,00	790,79	30	11,20	33914,87
1	0,437	4964,60	31	10,52	32350,07
2	2,31	15218,45	32	9,88	30857,47
3	6,11	33074,14	33	9,27	29433,74
4	12,18	59664,22	34	8,70	28075,70
5	20,80	95928,69	35	8,17	26780,32
6	32,23	142684,94	36	7,67	25544,70
7	46,65	200663,37	37	7,20	24366,10
8	64,28	227023,86	38	6,76	23241,87
9	61,22	211518,78	39	6,35	22169,52
10	55,69	192450,56	40	5,97	21146,64
11	50,66	175101,33	41	5,69	20170,96
12	46,09	159316,11	42	5,43	19240,29
13	41,93	144953,91	43	5,18	18352,56
14	38,14	131886,45	44	4,94	17505,80
15	34,70	119997,01	45	4,71	16698,10
16	31,56	109179,40	46	4,49	15927,67
17	28,71	99336,98	47	4,29	15192,78
18	26,12	90381,84	48	4,09	14491,80
19	23,76	82234	49	3,90	13823,17
20	21,62	74820,69	50	3,72	13185,38
21	19,77	68075,67	51	3,55	12577,02
22	18,56	61938,71	52	3,38	11996,73
23	17,42	56355	53	3,23	11443,21
24	16,36	51274,65	54	3,08	10915,24
25	15,36	46652,29	55	2,94	10411,62

**Lanjutan Tabel 5.45 Perhitungan Unit Hidrograf Awal dan Volume Awal
Metode HSS Nakayasu**

T(jam)	UHAwal (m ³ /detik/mm)	VAwal (m ³)	T(jam)	UHAwal (m ³ /detik/mm)	VAwal (m ³)
26	14,42	42446,63	56	2,80	2,80
27	13,54	38620,1	57	2,67	2,67
28	12,71	36596,06	58	2,55	2,55
29	11,93	35555,35	59	2,43	2,43

Berdasarkan nilai volume limpasan asli diatas, kemudian dicari nilai kedalaman hujan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Kedalaman hujan} = \frac{\Sigma \text{Volume limpasan Asli}}{\text{Luas DAS}}$$

$$\text{Kedalaman hujan} = \frac{336557}{3631,84 \times 10^6} = 0.000926 \text{ m} = 0,926 \text{ mm}$$

Dari hasil kedalaman hujan harus diperoleh nilainya sama dengan 1 (satu). Karena kedalaman hujan tidak sama dengan satu, maka dilakukan koreksi terhadap hidrograf satuan. Cara melakukan koreksi yaitu mengalikan faktor koreksi dengan hidrograf satuan. Faktor koreksi dihitung sebagai berikut.

$$\text{Faktor Koreksi (f)} = \frac{1}{\text{kedalaman hujan}} = \frac{1}{0,926} = 1,07$$

Contoh perhitungan antara perkalian faktor koreksi dengan hidrograf satuan awal (UH_{awal}) adalah sebagai berikut.

$$UH_{koreksi} = \text{faktor koreksi} \times UH_{awal}$$

$$UH_{koreksi \ t=1jam} = 1,08 \times 0,44 = 0,46 \text{ m}^3/\text{detik/mm}$$

Untuk mendapatkan hidrograf satuan koreksi ($UH_{koreksi}$) pada saat nilai t yang lainnya yaitu sama seperti diatas, dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.46.

Tabel 5.46 Perhitungan Unit Hidrograf Koreksi Metode Nakayasu

T(jam)	UHAwal (m ³ /detik/mm)	VAwal (m ³ /)	UHkoreksi (m ³ /detik/mm)	Vkoreksi (m ³)
0	0,00	790,79	0,00	849,75
1	0,437	4964,60	0,47	5334,77
2	2,31	15218,45	2,49	16353,17
3	6,11	33074,14	6,59	35540,22
4	12,18	59664,22	13,15	64112,92

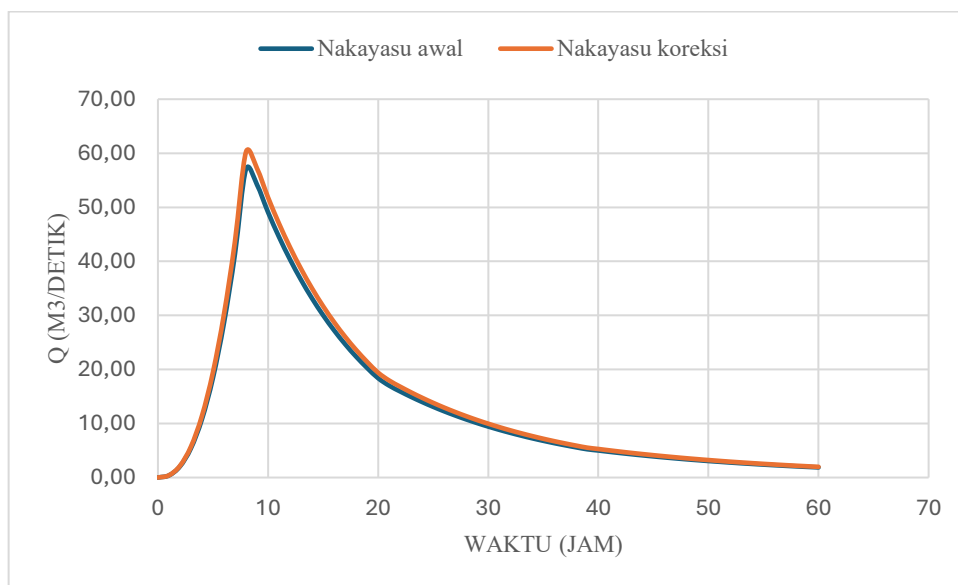
Lanjutan Tabel 5.46 Perhitungan Unit Hidrograf Koreksi Metode Nakayasu

T(jam)	UHAwal (m ³ /detik/mm)	VAwal (m ³)	UHKoreksi (m ³ /detik/mm)	Vkoreksi (m ³)
5	20,80	95928,69	22,47	103081,35
6	32,23	142684,94	34,80	153323,85
7	46,65	200663,37	50,38	215625,27
8	64,28	227023,86	69,41	243935,64
9	61,22	211518,78	66,11	227244,17
10	55,69	192450,56	60,14	206727,60
11	50,66	175101,33	54,71	188063,35
12	46,09	159316,11	49,77	171084,19
13	41,93	144953,91	45,28	155637,98
14	38,14	131886,45	41,19	141586,32
15	34,70	119997,01	37,47	128803,31
16	31,56	109179,40	34,09	117174,39
17	28,71	99336,98	31,01	106595,39
18	26,12	90381,84	28,21	96971,51
19	23,76	82234,00439	25,66	88216,50
20	21,62	74820,68652	23,35	80251,94
21	19,77	68075,67227	21,24	74301,66
22	18,56	61938,71468	20,04	69940,13
23	17,42	56354,99802	18,82	65664,44
24	16,36	51274,64815	17,67	61650,14
25	15,36	46652,28702	16,59	57881,24
26	14,42	42446,62739	15,57	54342,75
27	13,54	38620,104	14,62	51020,59
28	12,71	36596,05923	13,73	47901,52
29	11,93	35555,35375	12,89	44973,13
30	11,20	33914,86783	12,10	42223,76
31	10,52	32350,07	11,36	39642,47
32	9,88	30857,47	10,66	37218,98
33	9,27	29433,74	10,01	34943,65
34	8,70	28075,70	9,40	32807,42
35	8,17	26780,32	8,83	30801,79
36	7,67	25544,70	8,29	28918,76
37	7,20	24366,10	7,78	27150,86
38	6,76	23241,87	7,30	25311,98

Lanjutan Tabel 5.46 Perhitungan Unit Hidrograf Koreksi Metode Nakayasu

T(jam)	UHAwal (m³detik/mm)	VAwal (m³)	UHKoreksi (m³/detik/mm)	Vkoreksi (m³)
39	6,35	22169,52	6,76	23767,06
40	5,97	21146,64	6,45	22668,79
41	5,69	20170,96	6,15	21621,27
42	5,43	19240,29	5,86	20622,15
43	5,18	18352,56	5,59	19669,21
44	4,94	17505,80	5,33	18760,30
45	4,71	16698,10	5,09	17893,39
46	4,49	15927,67	4,85	17066,54
47	4,29	15192,78	4,63	16277,90
48	4,09	14491,80	4,41	15525,70
49	3,90	13823,17	4,21	14808,26
50	3,72	13185,38	4,02	14123,97
51	3,55	12577,02	3,83	13471,31
52	3,38	11996,73	3,65	12848,80
53	3,23	11443,21	3,48	12255,06
54	3,08	10915,24	3,32	11688,76
55	2,94	10411,62	3,17	11148,62
56	2,80	9931,24	3,02	10633,44
57	2,67	9473,02	2,88	10142,08
58	2,55	9035,95	2,75	9673,41
59	2,43	8619,04	2,62	9226,41

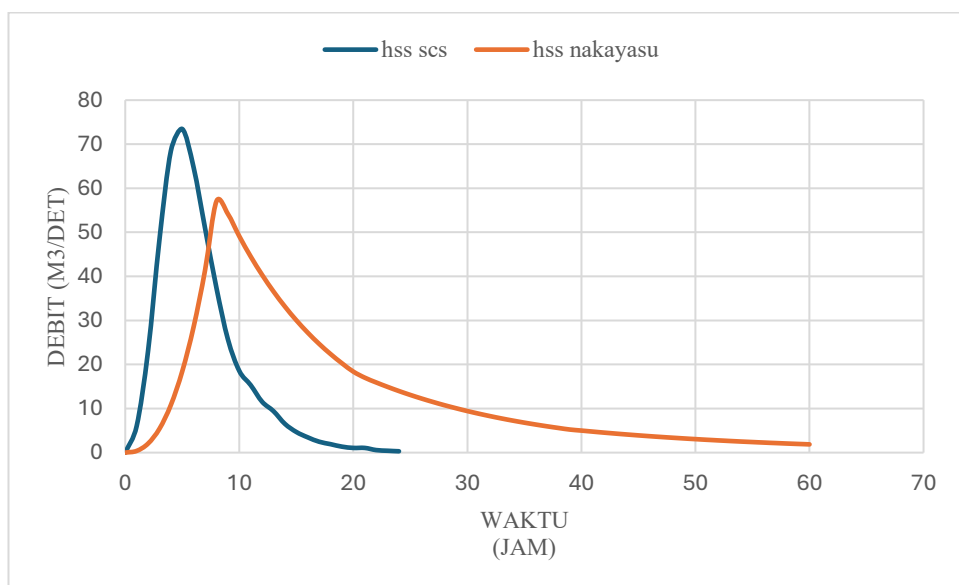
Berdasarkan nilai diatas bentuk dari hidrograf satuan sintetis metode Nakayasu yang asli dengan yang terkoreksi dapat dilihat pada Gambar 5.12. Karena faktor koreksi mendekati satu, maka hidrograf satuan sintitetis awal dan terkoreksi itu mempunyai garis yang berhimpitan seperti dibawah ini.



Gambar 5.12 Hidrograf Satuan Sintetis Metode Nakayasu Awal dan Koreksi

5.8.3 Perbandingan HSS SCS dengan HSS Nakayasu

Bentuk dari hidrograf satuan sintetis metode SCS dan metode Nakayasu saat dibandingkan dalam satu grafik dapat dilihat pada Gambar 5.10 berikut.



Gambar 5.13 Perbandingan HSS SCS dan HSS Nakayasu

5.9 Analisis Debit Banjir

5.9.1 Perhitungan Aliran Dasar (*Baseflow*)

Aliran dasar (*baseflow*) merupakan komponen aliran sungai yang berasal dari air tanah atau aliran bawah permukaan yang secara perlahan masuk ke saluran

utama sungai. Komponen ini berperan penting dalam menjaga kontinuitas aliran sungai, terutama pada saat tidak terjadi hujan.

1. Analisis Aliran Dasar (*Base Flow*)

Untuk memperkirakan aliran dasar (*base flow*), digunakan persamaan berikut.

$$\begin{aligned} D &= \frac{LN}{A} \\ &= \frac{11183,08}{3631,84} \\ &= 3,07 \\ Q_b &= 0.475 \times A^{0.644} \times D^{0.9435} \\ &= 0.475 \times 3631,84^{0.644} \times 3,07^{0.9435} \\ &= 237,49 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

5.9.2 Analisis Debit Banjir Metode HSS SCS

Analisis banjir didapatkan dari jumlah antara nilai hidrograf limpasan langsung dengan nilai aliran dasar (*baseflow*) seperti pada persamaan 3.30. Untuk perhitungan nilai hidrograf limpasan langsung didapatkan dari perkalian antara nilai hujan efektif pada metode distribusi masing-masing dengan nilai hidrograf satuan sintetis pada metode masing-masing. Pada penelitian ini nilai hujan efektif dilakukan dengan metode distribusi hujan ABM dan Tadashi Tanimoto dengan periode ulang 20 tahun. Metode distribusi hujan dilakukan dengan kondisi lahan ketika tahun pengamatan yang berbeda yaitu pada kondisi lahan tahun pengamatan 2015 dan kondisi lahan tahun pengamatan 2019. Untuk lebih jelasnya perhitungan debit banjir dengan metode HSS SCS dilakukan dengan cara sebagai berikut.

1. Distribusi Hujan Metode ABM

a. Kondisi Lahan Tahun 2015

Nilai hujan efektif (P_e) untuk tahun 2015 dengan contoh periode ulang 20 Tahun yang digunakan untuk analisis perhitungan debit banjir terdapat pada Tabel 5.32. Dalam tabel tersebut nilai hujan efektif (P_e) dimulai pada saat waktu jam-ke 3. Sehingga nilai debit *surface runoff* pada saat jam-ke 1 dan 2 belum ada nilainya, kondisi tersebut terjadi karena nilai kedalaman hujan pada jam ke-1 lebih kecil dari pada nilai *initial abstraction* (I_a). Keadaan

serupa berlaku untuk perhitungan debit banjir lain di dalam penelitian ini. Sedangkan untuk nilai hidrograf satuan sintetis (HSS) metode SCS yang digunakan yaitu tahun 2015 terdapat pada Tabel 5.47. Analisis contoh perhitungan debit banjir saat waktu jam ke-8 menggunakan hujan efektif metode distribusi hujan SCS dimulai pada jam ke-3 berdasarkan kondisi lahan 2015 dan metode HSS SCS adalah sebagai berikut.

- 1.) Debit Hidrograf Satuan Sintetis Akibat $P_{e \text{ jam ke-1}}$

$$Q_{1 \text{ t=6 jam}} = p_{e1} \times UH_{t=6 \text{ jam}}$$

$$Q_{1 \text{ t=6 jam}} = 0,643 \times 84,83 = 54,54 \text{ m}^3/\text{detik}$$

- 2.) Debit Hidrograf Satuan Sintetis Akibat $P_{e \text{ jam ke-2}}$

$$Q_{1 \text{ t=6 jam}} = p_{e2} \times UH_{t=5 \text{ jam}}$$

$$Q_{1 \text{ t=6 jam}} = 26,88 \times 96,38 = 2591,49 \text{ m}^3/\text{detik}$$

- 3.) Debit Hidrograf Satuan Sintetis Akibat $P_{e \text{ jam ke-3}}$

$$Q_{1 \text{ t=6 jam}} = p_{e3} \times UH_{t=4 \text{ jam}}$$

$$Q_{1 \text{ t=6 jam}} = 10,13 \times 89,83 = 910,37 \text{ m}^3/\text{detik}$$

- 4.) Debit Hidrograf Satuan Sintetis Akibat $P_{e \text{ jam ke-4}}$

$$Q_{1 \text{ t=6 jam}} = p_{e4} \times UH_{t=3 \text{ jam}}$$

$$Q_{1 \text{ t=6 jam}} = 5,94 \times 63,47 = 377,21 \text{ m}^3/\text{detik}$$

- 5.) Debit Hidrograf Satuan Sintetis Akibat $P_{e \text{ jam ke-5}}$

$$Q_{1 \text{ t=6 jam}} = p_{e5} \times UH_{t=2 \text{ jam}}$$

$$Q_{1 \text{ t=8 jam}} = 4,50 \times 30,23 = 136,34 \text{ m}^3/\text{detik}$$

- 6.) Debit Hidrograf Satuan Sintetis Akibat $P_{e \text{ jam ke-6}}$

$$Q_{Q_{1 \text{ t=6 jam}}} = p_{e6} \times UH_{t=1 \text{ jam}}$$

$$Q_{1 \text{ t=8 jam}} = 3,70 \times 7,90 = 29,22 \text{ m}^3/\text{detik}$$

- 7.) Jumlah Debit Banjir

$$Q_{total} = Q_{total \text{ hidrograf}} + Q_{baseflow}$$

$$Q_{total} = (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6) + Q_{baseflow}$$

$$Q_{total} = 4336,64 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Untuk mendapatkan analisis debit banjir saat nilai t yang lainnya, caranya sama seperti diatas, dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.47.

b. Kondisi Lahan 2019

Untuk analisis perhitungan debit banjir pada kondisi lahan tahun 2019 caranya yaitu sama seperti analisis perhitungan debit banjir pada kondisi lahan tahun 2015, akan tetapi nilai hujan efektif (P_e) yang digunakan yaitu untuk tahun 2019 dan nilai hidrograf satuan sintetis (HSS) metode SCS yang digunakan masih sama. Hasil dari perhitungan debit banjir dengan memakai data tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.48 berikut.

c. Kondisi Lahan 2024

Untuk analisis perhitungan debit banjir pada kondisi lahan tahun 2024 caranya yaitu sama seperti analisis perhitungan debit banjir pada kondisi lahan tahun 2024, akan tetapi nilai hujan efektif (P_e) yang digunakan yaitu untuk tahun 2024 dan nilai hidrograf satuan sintetis (HSS) metode SCS yang digunakan masih sama. Hasil dari perhitungan debit banjir dengan memakai data tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.49 berikut.

Tabel 5.47 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS SCS Tahun 2015 Dengan Distribusi Hujan ABM

T (jam)	U(t,1)	$Q_1 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_2 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_3 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_4 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_5 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_6 \text{ m}^3/\text{det}$	Baseflow	Qttotal m^3/det
	$\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$	$p_{e1} = 0,643$	$p_{e2} = 26,88$	$p_{e3} = 10,134$	$p_{e4} = 5,943$	$p_{e5} = 4,509$	$p_{e6} = 3,700$		
0,00	0,00							237,49	237,49
1,00	7,90	5,08						237,49	242,56
2,00	30,23	19,44	212,33					237,49	469,26
3,00	63,47	40,81	812,94	80,03				237,49	1171,27
4,00	89,83	57,75	1706,65	306,41	46,93			237,49	2355,23
5,00	96,38	61,96	2415,32	643,26	179,68	35,61		237,49	3573,31
6,00	84,83	54,54	2591,49	910,37	377,21	136,34	29,22	237,49	4336,64
7,00	66,79	42,94	2280,87	976,77	533,84	286,22	111,86	237,49	4469,98
8,00	48,98	31,49	1795,86	859,69	572,77	405,07	234,84	237,49	4137,21
9,00	33,77	21,71	1317,05	676,88	504,12	434,61	332,35	237,49	3524,22
10,00	24,33	15,64	907,92	496,42	396,92	382,52	356,59	237,49	2793,50
11,00	20,10	12,92	654,09	342,21	291,10	301,18	313,85	237,49	2152,83
12,00	15,15	9,74	540,49	246,53	200,67	220,88	247,11	237,49	1702,91
13,00	12,34	7,94	407,36	203,72	144,57	152,26	181,23	237,49	1334,57
14,00	8,57	5,51	331,93	153,54	119,46	109,70	124,93	237,49	1082,55
15,00	6,14	3,95	230,31	125,11	90,04	90,64	90,00	237,49	867,54
16,00	4,55	2,92	165,21	86,81	73,36	68,32	74,37	237,49	708,48

Lanjutan Tabel 5.47 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS SCS Tahun 2015 Dengan Distribusi Hujan ABM

T (jam)	U(t,1)	Q_1 m³/det	Q_2 m³/det	Q_3 m³/det	Q_4 m³/det	Q_5 m³/det	Q_6 m³/det	Baseflow	Qtotall m³/det
	m³/det/mm	$p_{e1} =$ 0,643	$p_{e2} =$ 26,88	$p_{e3} =$ 10,134	$p_{e4} =$ 5,943	$p_{e5} =$ 4,509	$p_{e6} =$ 3,700		
3,25	2,09	122,29	62,27	50,90	55,67	56,05	237,49	586,76	3,25
2,51	1,62	87,38	46,09	36,51	38,62	45,67	237,49	493,39	2,51
1,78	1,14	67,57	32,94	27,03	27,71	31,69	237,49	425,57	1,78
1,40	0,90	47,77	25,47	19,31	20,51	22,73	237,49	374,18	1,40
1,40	0,90	37,54	18,00	14,94	14,65	16,83	237,49	340,35	1,40
0,76	0,49	37,54	14,15	10,56	11,33	12,02	237,49	323,58	0,76
0,55	0,35	20,32	14,15	8,30	8,01	9,30	237,49	297,92	0,55
0,39	0,25	14,82	7,66	8,30	6,30	6,57	237,49	281,39	0,39

abel 5.48 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS SCS Tahun 2019 Dengan Distribusi Hujan ABM

T (jam)	U(t,1)	$Q_1 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_2 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_3 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_4 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_5 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_6 \text{ m}^3/\text{det}$	Baseflow	Qttotal m^3/det
	$\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$	$p_{e1} = 0,653$	$p_{e2} = 26,959$	$p_{e3} = 10,148$	$p_{e4} = 5,950$	$p_{e5} = 4,514$	$p_{e6} = 3,704$		
0,00	0,00							237,49	237,49
1,00	6,79	4,43						237,49	241,92
2,00	26,01	16,98	183,15					237,49	437,62
3,00	54,61	35,65	701,21	68,94				237,49	1043,29
4,00	77,28	50,45	1472,09	263,96	40,42			237,49	2064,40
5,00	82,92	54,13	2083,35	554,15	154,76	30,67		237,49	3114,54
6,00	72,98	47,64	2235,31	784,25	324,89	117,42	25,16	237,49	3772,16
7,00	57,46	37,51	1967,39	841,46	459,80	246,50	96,33	237,49	3886,46
8,00	42,14	27,51	1549,03	740,60	493,33	348,85	202,23	237,49	3599,05
9,00	29,05	18,96	1136,04	583,12	434,20	374,30	286,21	237,49	3070,31
10,00	20,93	13,66	783,13	427,65	341,87	329,43	307,09	237,49	2440,32
11,00	17,29	11,29	564,19	294,80	250,72	259,38	270,28	237,49	1888,15
12,00	13,03	8,51	466,20	212,38	172,84	190,23	212,80	237,49	1500,45
13,00	10,62	6,93	351,38	175,50	124,52	131,13	156,07	237,49	1183,01
14,00	7,37	4,81	286,31	132,27	102,89	94,47	107,59	237,49	965,82
15,00	5,29	3,45	198,66	107,78	77,55	78,06	77,51	237,49	780,49
16,00	3,91	2,55	142,50	74,78	63,19	58,84	64,05	237,49	643,40

Lanjutan Tabel 5.48 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS SCS Tahun 2019 Dengan Distribusi Hujan ABM

T (jam)	U(t,1)	$Q_1 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_2 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_3 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_4 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_5 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_6 \text{ m}^3/\text{det}$	Baseflow	Qtotall m^3/det
	$\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$	$p_{e1} = 0,653$	$p_{e2} = 26,959$	$p_{e3} = 10,148$	$p_{e4} = 5,950$	$p_{e5} = 4,514$	$p_{e6} = 3,704$		
17,00	2,80	1,83	105,48	53,64	43,84	47,94	48,27	237,49	538,49
18,00	2,16	1,41	75,37	39,71	31,45	33,26	39,33	237,49	458,03
19,00	1,53	1,00	58,29	28,37	23,28	23,86	27,29	237,49	399,58
20,00	1,20	0,78	41,20	21,94	16,63	17,66	19,58	237,49	355,29
21,00	1,20	0,78	32,38	15,51	12,86	12,62	14,49	237,49	326,14
22,00	0,65	0,42	32,38	12,19	9,09	9,76	10,35	237,49	311,69
23,00	0,47	0,31	17,53	12,19	7,15	6,90	8,01	237,49	289,57
24,00	0,34	0,221	12,784	6,599	7,147	5,422	5,66	237,49	275,32

Tabel 5.49 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS SCS Tahun 2024 Dengan Distribusi Hujan ABM

T (jam)	U(t,1)	$Q_1 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_2 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_3 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_4 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_5 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_6 \text{ m}^3/\text{det}$	Baseflow	Q m^3/det
	$\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$	$p_{e1} = 0,658$	$p_{e2} = 26,996$	$p_{e3} = 10,156$	$p_{e4} = 5,953$	$p_{e5} = 4,517$	$p_{e6} = 3,706$		
0,00	0,00							237,49	237,49
1,00	6,79	4,47						237,49	241,96
2,00	26,01	17,11	183,40					237,49	438,00
3,00	54,61	35,93	702,18	68,99				237,49	1044,59
4,00	77,28	50,85	1474,11	264,15	40,45			237,49	2067,05
5,00	82,92	54,56	2086,22	554,55	154,85	30,69		237,49	3118,35
6,00	72,98	48,02	2238,39	784,82	325,09	117,48	25,17	237,49	3776,46
7,00	57,46	37,81	1970,09	842,06	460,08	246,64	96,38	237,49	3890,55
8,00	42,14	27,73	1551,17	741,13	493,64	349,05	202,34	237,49	3602,54
9,00	29,05	19,11	1137,60	583,53	434,47	374,51	286,36	237,49	3073,07
10,00	20,93	13,77	784,21	427,95	342,08	329,62	307,25	237,49	2442,37
11,00	17,29	11,38	564,96	295,01	250,88	259,53	270,42	237,49	1889,67
12,00	13,03	8,58	466,85	212,53	172,94	190,33	212,92	237,49	1501,64
13,00	10,62	6,99	351,86	175,62	124,59	131,21	156,15	237,49	1183,91
14,00	7,37	4,85	286,70	132,37	102,95	94,52	107,64	237,49	966,52
15,00	5,29	3,48	198,93	107,85	77,60	78,11	77,55	237,49	781,00
16,00	3,91	2,57	142,70	74,84	63,23	58,87	64,08	237,49	643,77

Lanjutan Tabel 5.49 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS SCS Tahun 2024 Dengan Distribusi Hujan ABM

T (jam)	U(t,1)	$Q_1 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_2 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_3 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_4 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_5 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_6 \text{ m}^3/\text{det}$	Baseflow	Q m^3/det
	$\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$	$p_{e1} = 0,658$	$p_{e2} = 26,996$	$p_{e3} = 10,156$	$p_{e4} = 5,953$	$p_{e5} = 4,517$	$p_{e6} = 3,706$		
17,00	2,80	1,84	105,63	53,68	43,87	47,97	48,30	237,49	538,77
18,00	2,16	1,42	75,48	39,74	31,47	33,28	39,35	237,49	458,23
19,00	1,53	1,01	58,37	28,39	23,29	23,88	27,31	237,49	399,73
20,00	1,20	0,79	41,26	21,96	16,65	17,67	19,59	237,49	355,40
21,00	1,20	0,79	32,43	15,52	12,87	12,63	14,50	237,49	326,22
22,00	0,65	0,43	32,43	12,20	9,10	9,77	10,36	237,49	311,76
23,00	0,47	0,31	17,55	12,20	7,15	6,90	8,01	237,49	289,62
24,00	0,34	0,22	12,80	6,60	7,15	5,43	5,66	237,49	275,36

2. Distribusi Hujan Metode Tadashi Tanimoto

a. Kondisi Kondisi Lahan Tahun 2015

Untuk analisis perhitungan debit banjir metode HSS SCS dengan distribusi hujan Tadashi Tanimoto pada kondisi lahan tahun 2014 caranya yaitu sama seperti analisis perhitungan debit banjir pada HSS SCS dengan distribusi ABM, nilai hidrograf satuan sintetis (HSS) yang digunakan masih tetap HSS metode SCS dengan lahan tahun 2015. Nilai hujan efektif (p_e) yang dipakai yaitu nilai p_e dengan distribusi Tadashi Tanimoto tahun 2015 selama 8 jam seperti pada Tabel 5.34. Pada tabel tersebut nilai hujan efektif (p_e) dimulai pada saat jam ke-1. Sehingga nilai debit *surface runoff* pada jam tersebut memiliki nilai, kondisi tersebut terjadi karena nilai kedalaman hujan pada jam ke-1 lebih besar dari pada nilai *initial abstraction* (I_a). Keadaan serupa berlaku untuk perhitungan debit banjir lain di dalam penelitian ini. Hasil dari perhitungan debit banjir memakai data tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.50.

b. Kondisi Kondisi Lahan Tahun 2019

Untuk analisis perhitungan debit banjir metode HSS SCS dengan distribusi hujan Tadashi Tanimoto pada kondisi lahan tahun 2019 caranya yaitu sama seperti analisis perhitungan debit banjir pada HSS SCS dengan distribusi Tadashi Tanimoto tahun 2014 diatas. nilai hujan efektif (p_e) yang dipakai yaitu nilai p_e dengan distribusi Tadashi Tanimoto tahun 2019 selama 8 jam seperti pada Tabel 5.35. Dan hasil dari perhitungan debit banjir memakai data tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.51

c. Kondisi Kondisi Lahan Tahun 2024

Untuk analisis perhitungan debit banjir metode HSS SCS dengan distribusi hujan Tadashi Tanimoto pada kondisi lahan tahun 2024 caranya yaitu sama seperti analisis perhitungan debit banjir pada HSS SCS dengan distribusi Tadashi Tanimoto tahun 2014 diatas. Nilai hujan efektif (p_e) yang dipakai yaitu nilai p_e dengan distribusi Tadashi Tanimoto tahun 2024 selama 8 jam

seperti pada Tabel 5.36. Dan hasil dari perhitungan debit banjir memakai data tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.52

Tabel 5.50 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS SCS Tahun 2015 Dengan Distribusi Hujan Tadashi Tanimoto

T (jam)	U(t,1)	$Q_1 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_2 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_3 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_4 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_5 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_6 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_7 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_8 \text{ m}^3/\text{det}$	Baseflow	Q m^3/det
	$\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$	$p_{e1} = 2,119$	$p_{e2} = 11,609$	$p_{e3} = 11,561$	$p_{e4} = 9,953$	$p_{e5} = 5,654$	$p_{e6} = 4,561$	$p_{e6} = 3,376$	$p_{e6} = 2,991$		
0,00	0,00									237,49	237,49
1,00	6,79	14,40								237,49	251,88
2,00	26,01	55,12	78,87							237,49	371,48
3,00	54,61	115,72	301,96	78,54						237,49	733,71
4,00	77,28	163,77	633,92	300,70	67,62					237,49	1403,50
5,00	82,92	175,71	897,15	631,28	258,89	38,41				237,49	2238,93
6,00	72,98	154,65	962,59	893,42	543,50	147,06	30,99			237,49	2969,69
7,00	57,46	121,77	847,21	958,58	769,18	308,72	118,65	22,94		237,49	3384,53
8,00	42,14	89,30	667,06	843,69	825,28	436,91	249,08	87,81	20,32	237,49	3456,94
9,00	29,05	61,56	489,21	664,28	726,36	468,78	352,51	184,35	77,80	237,49	3262,35
10,00	20,93	44,35	337,24	487,17	571,91	412,59	378,22	260,90	163,33	237,49	2893,21
11,00	17,29	36,65	242,96	335,84	419,43	324,86	332,89	279,93	231,16	237,49	2441,19
12,00	13,03	27,62	200,76	241,94	289,13	238,25	262,10	246,38	248,02	237,49	1991,69
13,00	10,62	22,51	151,31	199,92	208,30	164,24	192,22	193,99	218,29	237,49	1588,27
14,00	7,37	15,62	123,29	150,68	172,12	118,32	132,51	142,27	171,87	237,49	1264,17
15,00	5,29	11,20	85,55	122,78	129,73	97,77	95,46	98,07	126,05	237,49	1004,10

Lanjutan Tabel 5.50 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS SCS Tahun 2015 Dengan Distribusi Hujan Tadashi Tanimoto

T (jam)	U(t,1)	$Q_1 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_2 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_3 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_4 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_5 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_6 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_7 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_8 \text{ m}^3/\text{det}$	Baseflow	Q m^3/det
	$\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$	$p_{e1} = 2,119$	$p_{e2} = 11,609$	$p_{e3} = 11,561$	$p_{e4} = 9,953$	$p_{e5} = 5,654$	$p_{e6} = 4,561$	$p_{e6} = 3,376$	$p_{e6} = 2,991$		
16,00	3,91	8,29	61,37	85,19	105,70	73,69	78,88	70,65	86,89	237,49	808,16
17,00	2,80	5,92	45,42	61,11	73,34	60,04	59,45	58,38	62,60	237,49	663,77
18,00	2,16	4,58	32,46	45,23	52,61	41,66	48,44	44,00	51,73	237,49	558,21
19,00	1,53	3,24	25,10	32,32	38,94	29,89	33,61	35,85	38,99	237,49	475,43
20,00	1,20	2,55	17,74	25,00	27,83	22,12	24,11	24,88	31,77	237,49	413,48
21,00	1,20	2,55	13,94	17,67	21,52	15,81	17,85	17,85	22,04	237,49	366,71
22,00	0,65	1,38	13,94	13,89	15,21	12,22	12,75	13,21	15,81	237,49	335,91
23,00	0,47	1,00	7,55	13,89	11,96	8,64	9,86	9,44	11,70	237,49	311,53
24,00	0,34	0,72	5,51	7,52	11,96	6,79	6,97	7,30	8,36	237,49	292,61

Tabel 5.51 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS SCS Tahun 2019 Dengan Distribusi Hujan Tadashi Tanimoto

T (jam)	U(t,1)	$Q_1 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_2 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_3 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_4 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_5 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_6 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_7 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_8 \text{ m}^3/\text{det}$	Baseflow	Q m^3/det
	$\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$	$p_{e1} = 2,138$	$p_{e2} = 11,645$	$p_{e3} = 11,583$	$p_{e4} = 9,968$	$p_{e5} = 5,661$	$p_{e6} = 4,567$	$p_{e6} = 3,380$	$p_{e6} = 2,994$		
0,00	0,00									237,49	237,49
1,00	6,79	14,53								237,49	252,01
2,00	26,01	55,62	79,12							237,49	372,22
3,00	54,61	116,77	302,91	78,69						237,49	735,85
4,00	77,28	165,26	635,91	301,27	67,72					237,49	1407,64
5,00	82,92	177,31	899,96	632,47	259,26	38,46				237,49	2244,95
6,00	72,98	156,06	965,60	895,10	544,28	147,24	31,02			237,49	2976,79
7,00	57,46	122,87	849,86	960,39	770,29	309,10	118,78	22,96		237,49	3391,75
8,00	42,14	90,11	669,15	845,28	826,47	437,45	249,36	87,91	20,34	237,49	3463,56
9,00	29,05	62,12	490,74	665,53	727,41	469,36	352,91	184,55	77,88	237,49	3267,99
10,00	20,93	44,75	338,30	488,09	572,73	413,10	378,65	261,18	163,50	237,49	2897,79
11,00	17,29	36,98	243,72	336,47	420,03	325,26	333,26	280,23	231,39	237,49	2444,83
12,00	13,03	27,87	201,39	242,40	289,55	238,54	262,40	246,64	248,27	237,49	1994,55
13,00	10,62	22,71	151,79	200,30	208,60	164,44	192,44	194,20	218,51	237,49	1590,47
14,00	7,37	15,76	123,68	150,97	172,37	118,47	132,66	142,42	172,05	237,49	1265,85
15,00	5,29	11,30	85,81	123,01	129,92	97,89	95,57	98,18	126,18	237,49	1005,35

Lanjutan Tabel 5.51 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS SCS Tahun 2019 Dengan Distribusi Hujan Tadashi Tanimoto

T (jam)	U(t,1)	$Q_1 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_2 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_3 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_4 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_5 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_6 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_7 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_8 \text{ m}^3/\text{det}$	Baseflow	Q m^3/det
	$\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$	$p_{e1} = 2,138$	$p_{e2} = 11,645$	$p_{e3} = 11,583$	$p_{e4} = 9,968$	$p_{e5} = 5,661$	$p_{e6} = 4,567$	$p_{e6} = 3,380$	$p_{e6} = 2,994$		
16,00	3,91	8,37	61,56	85,35	105,86	73,78	78,97	70,73	86,98	237,49	809,08
17,00	2,80	5,98	45,57	61,23	73,45	60,12	59,52	58,45	62,66	237,49	664,45
18,00	2,16	4,62	32,56	45,32	52,69	41,71	48,50	44,05	51,78	237,49	558,72
19,00	1,53	3,27	25,18	32,38	39,00	29,92	33,65	35,89	39,03	237,49	475,81
20,00	1,20	2,57	17,80	25,04	27,87	22,15	24,14	24,90	31,80	237,49	413,76
21,00	1,20	2,57	13,99	17,70	21,55	15,83	17,87	17,86	22,06	237,49	366,92
22,00	0,65	1,39	13,99	13,91	15,23	12,24	12,77	13,22	15,83	237,49	336,07
23,00	0,47	1,01	7,57	13,91	11,97	8,65	9,87	9,45	11,72	237,49	311,65
24,00	0,34	0,723	5,523	7,532	11,973	6,799	6,98	7,31	8,37	237,487	292,69

Tabel 5.52 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS SCS Tahun 2024 Dengan Distribusi Hujan Tadashi Tanimoto

T (jam)	U(t,1)	$Q_1 \text{m}^3/\text{det}$	$Q_2 \text{m}^3/\text{det}$	$Q_3 \text{m}^3/\text{det}$	$Q_4 \text{m}^3/\text{det}$	$Q_5 \text{m}^3/\text{det}$	$Q_6 \text{m}^3/\text{det}$	$Q_7 \text{m}^3/\text{det}$	$Q_8 \text{m}^3/\text{det}$	Baseflow	Q m^3/det
	$\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$	$p_{e1} = 2,149$	$p_{e2} = 11,664$	$p_{e3} = 11,594$	$p_{e4} = 9,975$	$p_{e5} = 5,664$	$p_{e6} = 4,569$	$p_{e6} = 3,382$	$p_{e6} = 2,996$		
0,00	0,00									237,49	237,49
1,00	6,79	14,60								237,49	252,08
2,00	26,01	55,88	79,25							237,49	372,62
3,00	54,61	117,32	303,40	78,77						237,49	736,97
4,00	77,28	166,04	636,94	301,57	67,77					237,49	1409,80
5,00	82,92	178,15	901,43	633,09	259,46	38,48				237,49	2248,09
6,00	72,98	156,79	967,18	895,98	544,69	147,33	31,04			237,49	2980,51
7,00	57,46	123,45	851,25	961,33	770,87	309,30	118,85	22,97		237,49	3395,52
8,00	42,14	90,54	670,24	846,11	827,10	437,74	249,51	87,96	20,35	237,49	3467,02
9,00	29,05	62,41	491,54	666,19	727,96	469,67	353,12	184,65	77,92	237,49	3270,94
10,00	20,93	44,96	338,85	488,57	573,16	413,37	378,87	261,33	163,59	237,49	2900,18
11,00	17,29	37,15	244,11	336,80	420,35	325,47	333,46	280,39	231,51	237,49	2446,73
12,00	13,03	28,00	201,72	242,64	289,77	238,69	262,55	246,78	248,40	237,49	1996,04
13,00	10,62	22,82	152,03	200,50	208,76	164,55	192,55	194,30	218,63	237,49	1591,62
14,00	7,37	15,83	123,88	151,11	172,50	118,54	132,74	142,50	172,14	237,49	1266,73
15,00	5,29	11,36	85,95	123,13	130,01	97,95	95,63	98,23	126,24	237,49	1006,00

Lanjutan Tabel 5.52 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS SCS Tahun 2024 Dengan Distribusi Hujan Tadashi Tanimoto

T (jam)	U(t,1)	$Q_1 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_2 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_3 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_4 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_5 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_6 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_7 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_8 \text{ m}^3/\text{det}$	Baseflow	Q m^3/det
	$\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$	$p_{e1} = 2,149$	$p_{e2} = 11,664$	$p_{e3} = 11,594$	$p_{e4} = 9,975$	$p_{e5} = 5,664$	$p_{e6} = 4,569$	$p_{e6} = 3,382$	$p_{e6} = 2,996$		
16,00	3,91	8,41	61,66	85,43	105,94	73,83	79,02	70,77	87,03	237,49	809,57
17,00	2,80	6,01	45,64	61,29	73,51	60,16	59,56	58,48	62,70	237,49	664,81
18,00	2,16	4,65	32,61	45,36	52,73	41,74	48,53	44,07	51,81	237,49	558,99
19,00	1,53	3,28	25,22	32,42	39,03	29,94	33,67	35,91	39,05	237,49	476,01
20,00	1,20	2,58	17,83	25,07	27,89	22,16	24,15	24,92	31,82	237,49	413,90
21,00	1,20	2,58	14,01	17,72	21,57	15,84	17,88	17,87	22,08	237,49	367,03
22,00	0,65	1,40	14,01	13,93	15,24	12,25	12,78	13,23	15,84	237,49	336,16
23,00	0,47	1,02	7,59	13,93	11,98	8,66	9,88	9,45	11,72	237,49	311,71
24,00	0,34	0,73	5,53	7,54	11,98	6,80	6,98	7,31	8,38	237,49	292,74

5.9.3 Analisis Debit Banjir Metode HSS Nakayasu

Analisis debit banjir didapatkan menggunakan persamaan 3.29. Untuk perhitungan analisis debit banjir metode HSS Nakayasu caranya sama seperti pada metode HSS *SCS*, yang membedakan yaitu hanya bentuk satuan hidrograf yang dipakai harus HSS Nakayasu. Untuk hujan efektif yang dipakai sama seperti pada HSS *SCS* yaitu hujan efektif ABM dan Tadashi Tanimoto dengan tahun pengamatan pada tahun 2015 2019 dan 2024. Untuk lebih jelasnya perhitungan debit banjir dengan metode HSS Nakayasu adalah sebagai berikut.

1. Distribusi Hujan Metode ABM

a. Kondisi Lahan Tahun 2015

Analisis perhitungan sama seperti pada HSS *SCS*. Pada perhitungan ini yang dipakai satuan HSS Nakayasu dengan hujan efektif distribusi hujan metode ABM tahun 2015. Hasil dari perhitungan debit banjir memakai parameter tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.53.

b. Kondisi Lahan Tahun 2019

Pada perhitungan ini yang dipakai satuan hidrograf sintetis yaitu HSS Nakayasu dengan hujan efektif distribusi hujan metode ABM tahun 2019. Hasil dari perhitungan debit banjir memakai nilai tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.54.

c. Kondisi Lahan Tahun 2024

Pada perhitungan ini yang dipakai satuan hidrograf sintetis yaitu HSS Nakayasu dengan hujan efektif distribusi hujan metode ABM tahun 2024. Hasil dari perhitungan debit banjir memakai nilai tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.53.

Tabel 5.53 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS Nakayasu Tahun 2015 Dengan Distribusi Hujan ABM

T (jam)	U(t,1)	$Q_1 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_2 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_3 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_4 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_5 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_6 \text{ m}^3/\text{det}$	Baseflow	Qtotall m^3/det
	$\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$	$p_{e1} = 0,643$	$p_{e2} = 26,888$	$p_{e3} = 10,134$	$p_{e4} = 5,943$	$p_{e5} = 4,509$	$p_{e6} = 3,700$		
0,00	0,00							237,49	237,49
1,00	0,44	0,28						237,49	237,77
2,00	2,31	1,48	11,75					237,49	250,72
3,00	6,11	3,93	62,04	4,43				237,49	307,88
4,00	12,18	7,83	164,16	23,38	2,60			237,49	435,46
5,00	20,80	13,38	327,44	61,87	13,71	1,97		237,49	655,86
6,00	32,23	20,72	559,39	123,41	36,29	10,40	1,62	237,49	989,32
7,00	46,65	30,00	866,47	210,83	72,37	27,53	8,54	237,49	1453,23
8,00	64,28	41,33	1254,37	326,57	123,64	54,91	22,59	237,49	2060,89
9,00	61,22	39,36	1728,24	472,77	191,51	93,81	45,06	237,49	2808,24
10,00	55,69	35,81	1645,97	651,37	277,25	145,30	76,98	237,49	3070,16
11,00	50,66	32,58	1497,36	620,36	381,99	210,35	119,23	237,49	3099,36
12,00	46,09	29,63	1362,17	564,35	363,80	289,82	172,61	237,49	3019,88
13,00	41,93	26,96	1239,19	513,40	330,96	276,02	237,82	237,49	2861,84
14,00	38,14	24,52	1127,31	467,05	301,08	251,10	226,50	237,49	2635,05
15,00	34,70	22,31	1025,53	424,88	273,90	228,43	206,05	237,49	2418,59
16,00	31,56	20,30	932,94	386,52	249,17	207,81	187,45	237,49	2221,67

Lanjutan Tabel 5.53 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS Nakayasu Tahun 2015 Dengan Distribusi Hujan ABM

T (jam)	U(t,1)	$Q_1 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_2 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_3 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_4 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_5 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_6 \text{ m}^3/\text{det}$	Baseflow	Qtotall m^3/det
	$\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$	$p_{e1} = 0,643$	$p_{e2} = 26,888$	$p_{e3} = 10,134$	$p_{e4} = 5,943$	$p_{e5} = 4,509$	$p_{e6} = 3,700$		
17,00	28,71	18,46	848,71	351,62	226,67	189,05	170,52	237,49	2042,53
18,00	26,12	16,80	772,09	319,88	206,21	171,98	155,13	237,49	1879,56
19,00	23,76	15,28	702,38	291,00	187,59	156,45	141,12	237,49	1731,31
20,00	21,62	13,90	638,97	264,72	170,65	142,33	128,38	237,49	1596,44
21,00	19,67	12,65	581,28	240,82	155,25	129,48	116,79	237,49	1473,75
22,00	18,56	11,93	528,80	219,08	141,23	117,79	106,25	237,49	1362,56
23,00	17,42	11,20	498,97	199,30	128,48	107,15	96,65	237,49	1279,25
24,00	16,36	10,52	468,47	188,06	116,88	97,48	87,93	237,49	1206,82
25,00	15,36	9,88	439,83	176,56	110,29	88,68	79,99	237,49	1142,71
26,00	14,42	9,27	412,94	165,77	103,54	83,68	72,77	237,49	1085,45
27,00	13,54	8,70	387,70	155,64	97,21	78,56	68,66	237,49	1033,96
28,00	12,71	8,17	363,99	146,12	91,27	73,76	64,46	237,49	985,27
29,00	11,93	7,67	341,74	137,19	85,69	69,25	60,52	237,49	939,55
30,00	11,20	7,20	320,85	128,80	80,45	65,01	56,82	237,49	896,63
31,00	10,52	6,76	301,24	120,93	75,53	61,04	53,35	237,49	856,34
32,00	9,88	6,35	282,82	113,53	70,92	57,31	50,09	237,49	818,51
33,00	9,27	5,96	265,53	106,59	66,58	53,81	47,03	237,49	782,99

Lanjutan Tabel 5.53 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS Nakayasu Tahun 2015 Dengan Distribusi Hujan ABM

T (jam)	U(t,1)	$Q_1 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_2 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_3 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_4 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_5 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_6 \text{ m}^3/\text{det}$	Baseflow	Qtotall m^3/det
	$\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$	$p_{e1} = 0,643$	$p_{e2} = 26,888$	$p_{e3} = 10,134$	$p_{e4} = 5,943$	$p_{e5} = 4,509$	$p_{e6} = 3,700$		
34,00	8,70	5,60	249,30	100,08	62,51	50,52	44,15	237,49	749,64
35,00	8,17	5,26	234,06	93,96	58,69	47,43	41,45	237,49	718,33
36,00	7,67	4,93	219,75	88,22	55,10	44,53	38,92	237,49	688,93
37,00	7,20	4,63	206,31	82,82	51,73	41,81	36,54	237,49	661,33
38,00	6,76	4,35	193,70	77,76	48,57	39,25	34,31	237,49	635,42
39,00	6,26	4,02	181,86	73,01	45,60	36,85	32,21	237,49	611,04
40,00	5,97	3,84	168,27	68,54	42,81	34,60	30,24	237,49	585,78
41,00	5,69	3,66	160,49	63,42	40,20	32,48	28,39	237,49	566,13
42,00	5,43	3,49	153,07	60,49	37,19	30,50	26,65	237,49	548,88
43,00	5,18	3,33	146,00	57,69	35,47	28,22	25,03	237,49	533,23
44,00	4,94	3,18	139,25	55,03	33,83	26,91	23,15	237,49	518,85
45,00	4,71	3,03	132,82	52,48	32,27	25,67	22,08	237,49	505,84
46,00	4,49	2,89	126,68	50,06	30,78	24,48	21,06	237,49	493,44
47,00	4,29	2,76	120,83	47,75	29,36	23,35	20,09	237,49	481,62
48,00	4,09	2,63	115,24	45,54	28,00	22,27	19,16	237,49	470,33

Tabel 5.54 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS Nakayasu Tahun 2019 Dengan Distribusi Hujan ABM

T (jam)	U(t,1)	$Q_1 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_2 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_3 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_4 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_5 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_6 \text{ m}^3/\text{det}$	Baseflow	Qtotall m^3/det
	$\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$	$p_{e1} = 0,580$	$p_{e2} = 26,460$	$p_{e3} = 10,060$	$p_{e4} = 5,900$	$p_{e5} = 4,460$	$p_{e6} = 3,680$		
0,00	0,00							4,19	4,19
1,00	0,39	0,23						4,19	4,42
2,00	2,05	1,19	10,27					4,19	15,65
3,00	5,42	3,14	54,20	3,90				4,19	65,44
4,00	10,81	6,27	143,43	20,61	2,29			4,19	176,79
5,00	18,47	10,71	286,08	54,53	12,09	1,73		4,19	369,33
6,00	28,61	16,59	488,73	108,76	31,98	9,14	1,43	4,19	660,82
7,00	41,42	24,02	757,01	185,81	63,79	24,18	7,54	4,19	1066,54
8,00	57,06	33,10	1095,90	287,81	108,98	48,22	19,95	4,19	1598,15
9,00	54,17	31,42	1509,92	416,66	168,80	82,38	39,79	4,19	2253,15
10,00	49,10	28,48	1433,43	574,06	244,36	127,60	67,97	4,19	2480,10
11,00	44,51	25,82	1299,29	544,99	336,68	184,72	105,28	4,19	2500,97
12,00	40,34	23,40	1177,71	493,99	319,62	254,51	152,42	4,19	2425,84
13,00	36,57	21,21	1067,50	447,76	289,71	241,61	210,00	4,19	2281,99
14,00	33,15	19,22	967,60	405,86	262,60	219,00	199,36	4,19	2077,85
15,00	30,04	17,43	877,06	367,88	238,03	198,51	180,70	4,19	1883,80
16,00	27,23	15,80	794,98	333,45	215,75	179,93	163,79	4,19	1707,91

Lanjutan Tabel 5.54 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS Nakayasu Tahun 2019 Dengan Distribusi Hujan ABM

T (jam)	U(t,1)	$Q_1 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_2 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_3 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_4 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_5 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_6 \text{ m}^3/\text{det}$	Baseflow	Qttotal m^3/det
	$\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$	$p_{e1} = 0,580$	$p_{e2} = 26,460$	$p_{e3} = 10,060$	$p_{e4} = 5,900$	$p_{e5} = 4,460$	$p_{e6} = 3,680$		
17,00	24,68	14,41	720,39	301,90	195,55	163,79	148,33	4,19	1548,57
18,00	22,37	13,06	652,98	273,65	177,25	148,47	134,45	4,19	1404,05
19,00	20,28	11,84	591,88	248,04	160,66	134,57	121,87	4,19	1273,06
20,00	18,38	10,73	536,49	224,83	145,63	121,98	110,46	4,19	1154,32
21,00	17,01	9,93	486,28	203,79	132,00	110,57	100,12	4,19	1046,89
22,00	15,93	9,30	449,95	184,72	119,65	100,22	90,75	4,19	958,79
23,00	14,92	8,71	421,43	170,92	108,45	90,84	82,26	4,19	886,81
24,00	13,98	8,16	394,71	160,09	100,35	82,34	74,56	4,19	824,40
25,00	13,09	7,64	369,68	149,94	93,99	76,19	67,59	4,19	769,22
26,00	12,26	7,16	346,24	140,43	88,03	71,36	62,54	4,19	719,95
27,00	11,48	6,70	324,29	131,53	82,45	66,83	58,57	4,19	674,57
28,00	10,75	6,28	303,73	123,19	77,22	62,60	54,86	4,19	632,07
29,00	10,07	5,88	284,47	115,38	72,32	58,63	51,38	4,19	592,26
30,00	9,43	5,51	266,44	108,06	67,74	54,91	48,12	4,19	554,97
31,00	8,84	5,16	249,55	101,21	63,44	51,43	45,07	4,19	520,05
32,00	8,28	4,83	233,72	94,79	59,42	48,17	42,21	4,19	487,35
33,00	7,75	4,53	218,91	88,78	55,65	45,11	39,54	4,19	456,72

Lanjutan Tabel 5.54 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS Nakayasu Tahun 2019 Dengan Distribusi Hujan ABM

T (jam)	U(t,1)	$Q_1 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_2 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_3 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_4 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_5 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_6 \text{ m}^3/\text{det}$	Baseflow	Qttotal m^3/det
	$\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$	$p_{e1} =$ 0,580	$p_{e2} =$ 26,460	$p_{e3} =$ 10,060	$p_{e4} =$ 5,900	$p_{e5} =$ 4,460	$p_{e6} =$ 3,680		
34,00	7,26	4,21	205,08	83,25	52,13	42,07	37,07	4,19	428,01
35,00	6,80	3,94	192,08	77,97	48,82	39,41	34,72	4,19	401,14
36,00	6,37	3,69	179,90	73,03	45,73	36,91	32,51	4,19	375,97
37,00	5,96	3,46	168,50	68,40	42,83	34,57	30,45	4,19	352,40
38,00	5,59	3,24	157,81	64,06	40,11	32,38	28,52	4,19	330,32
39,00	5,25	3,05	147,81	60,00	37,57	30,32	26,71	4,19	309,66
40,00	5,00	2,90	139,00	56,20	35,19	28,40	25,02	4,19	290,90
41,00	4,76	2,76	132,34	52,85	32,96	26,60	23,43	4,19	275,13
42,00	4,53	2,63	125,99	50,31	30,99	24,91	21,95	4,19	260,99
43,00	4,32	2,50	119,95	47,90	29,51	23,43	20,56	4,19	248,05
44,00	4,11	2,38	114,20	45,61	28,09	22,31	19,33	4,19	236,12
45,00	3,91	2,27	108,73	43,42	26,75	21,24	18,41	4,19	225,00
46,00	3,72	2,16	103,52	41,34	25,46	20,22	17,52	4,19	214,41
47,00	3,55	2,06	98,55	39,36	24,24	19,25	16,68	4,19	204,34
48,00	3,38	1,96	93,83	37,47	23,08	18,33	15,88	4,19	194,74

Lanjutan Tabel 5.54 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS Nakayasu Tahun 2019 Dengan Distribusi Hujan ABM

T (jam)	U(t,1)	$Q_1 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_2 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_3 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_4 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_5 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_6 \text{ m}^3/\text{det}$	Baseflow	Qttotal m^3/det
	$\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$	$p_{e1} = 0,580$	$p_{e2} = 26,460$	$p_{e3} = 10,060$	$p_{e4} = 5,900$	$p_{e5} = 4,460$	$p_{e6} = 3,680$		
49,00	3,90	2,51	109,92	43,43	26,71	21,24	18,28	237,49	459,57
50,00	3,72	2,39	104,84	41,43	25,47	20,26	17,43	237,49	449,31
51,00	3,55	2,28	99,99	39,51	24,30	19,33	16,63	237,49	439,52
52,00	3,38	2,18	95,37	37,69	23,17	18,43	15,86	237,49	430,19
53,00	3,23	2,07	90,97	35,95	22,10	17,58	15,13	237,49	421,28
54,00	3,08	1,98	86,76	34,28	21,08	16,77	14,43	237,49	412,79
55,00	2,94	1,89	82,75	32,70	20,11	15,99	13,76	237,49	404,69
56,00	2,80	1,80	78,93	31,19	19,18	15,25	13,12	237,49	396,96
57,00	2,67	1,72	75,28	29,75	18,29	14,55	12,52	237,49	389,59
58,00	2,55	1,64	71,80	28,37	17,45	13,88	11,94	237,49	382,56
59,00	2,43	1,56	68,49	27,06	16,64	13,24	11,39	237,49	375,86
60,00	2,32	1,49	65,32	25,81	15,87	12,62	10,86	237,49	369,47

Tabel 5.55 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS Nakayasu Tahun 2024 Dengan Distribusi Hujan ABM

T (jam)	U(t,1)	$Q_1 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_2 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_3 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_4 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_5 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_6 \text{ m}^3/\text{det}$	Baseflow	Qttotal m^3/det
	$\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$	$p_{e1} = 0,653$	$p_{e2} = 26,959$	$p_{e3} = 10,148$	$p_{e4} = 5,950$	$p_{e5} = 4,514$	$p_{e6} = 3,704$		
0,00	0,00							237,49	237,49
1,00	0,44	0,29						237,49	237,77
2,00	2,31	1,51	11,78					237,49	250,78
3,00	6,11	3,99	62,20	4,44				237,49	308,11
4,00	12,18	7,95	164,60	23,41	2,60			237,49	436,05
5,00	20,80	13,58	328,30	61,96	13,73	1,97		237,49	657,03
6,00	32,23	21,04	560,86	123,59	36,33	10,42	1,62	237,49	991,33
7,00	46,65	30,45	868,74	211,13	72,46	27,56	8,55	237,49	1456,38
8,00	64,28	41,96	1257,66	327,03	123,78	54,97	22,61	237,49	2065,50
9,00	61,22	39,96	1732,78	473,43	191,73	93,91	45,10	237,49	2814,41
10,00	55,69	36,35	1650,29	652,29	277,57	145,47	77,05	237,49	3076,50
11,00	50,66	33,07	1501,29	621,23	382,42	210,59	119,35	237,49	3105,45
12,00	46,09	30,09	1365,75	565,14	364,22	290,15	172,78	237,49	3025,61
13,00	41,93	27,37	1242,44	514,12	331,34	276,34	238,05	237,49	2867,14
14,00	38,14	24,90	1130,27	467,70	301,42	251,39	226,72	237,49	2639,88
15,00	34,70	22,65	1028,23	425,48	274,21	228,69	206,25	237,49	2422,98
16,00	31,56	20,61	935,39	387,06	249,45	208,04	187,63	237,49	2225,67

Lanjutan Tabel 5.55 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS Nakayasu Tahun 2024 Dengan Distribusi Hujan ABM

T (jam)	U(t,1)	$Q_1 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_2 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_3 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_4 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_5 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_6 \text{ m}^3/\text{det}$	Baseflow	Qttotal m^3/det
	$\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$	$p_{e1} = 0,653$	$p_{e2} = 26,959$	$p_{e3} = 10,148$	$p_{e4} = 5,950$	$p_{e5} = 4,514$	$p_{e6} = 3,704$		
17,00	28,71	18,74	850,94	352,12	226,93	189,26	170,69	237,49	2046,17
18,00	26,12	17,05	774,12	320,33	206,44	172,17	155,28	237,49	1882,87
19,00	23,76	15,51	704,22	291,41	187,80	156,63	141,26	237,49	1734,32
20,00	21,62	14,11	640,64	265,10	170,85	142,49	128,50	237,49	1599,18
21,00	19,67	12,84	582,80	241,16	155,42	129,62	116,90	237,49	1476,24
22,00	18,56	12,11	530,19	219,39	141,39	117,92	106,35	237,49	1364,83
23,00	17,42	11,37	500,28	199,58	128,62	107,27	96,75	237,49	1281,37
24,00	16,36	10,68	469,70	188,33	117,01	97,59	88,01	237,49	1208,80
25,00	15,36	10,03	440,98	176,81	110,41	88,78	80,07	237,49	1144,56
26,00	14,42	9,41	414,02	166,00	103,66	83,77	72,84	237,49	1087,20
27,00	13,54	8,84	388,71	155,85	97,32	78,65	68,73	237,49	1035,59
28,00	12,71	8,30	364,95	146,33	91,38	73,84	64,53	237,49	986,80
29,00	11,93	7,79	342,64	137,38	85,79	69,33	60,58	237,49	941,00
30,00	11,20	7,31	321,69	128,98	80,54	65,09	56,88	237,49	897,99
31,00	10,52	6,87	302,03	121,10	75,62	61,11	53,40	237,49	857,61
32,00	9,88	6,45	283,56	113,69	71,00	57,37	50,14	237,49	819,70
33,00	9,27	6,05	266,23	106,74	66,66	53,87	47,07	237,49	784,11

Lanjutan Tabel 5.55 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS Nakayasu Tahun 2024 Dengan Distribusi Hujan ABM

T (jam)	U(t,1)	$Q_1 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_2 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_3 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_4 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_5 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_6 \text{ m}^3/\text{det}$	Baseflow	Qtotall m^3/det
	$\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$	$p_{e1} = 0,653$	$p_{e2} = 26,959$	$p_{e3} = 10,148$	$p_{e4} = 5,950$	$p_{e5} = 4,514$	$p_{e6} = 3,704$		
34,00	8,70	5,68	249,95	100,22	62,58	50,57	44,19	237,49	750,69
35,00	8,17	5,34	234,67	94,09	58,76	47,48	41,49	237,49	719,32
36,00	7,67	5,01	220,33	88,34	55,16	44,58	38,96	237,49	689,86
37,00	7,20	4,70	206,86	82,94	51,79	41,85	36,57	237,49	662,20
38,00	6,76	4,42	194,21	77,87	48,63	39,30	34,34	237,49	636,24
39,00	6,26	4,09	182,34	73,11	45,65	36,89	32,24	237,49	611,80
40,00	5,97	3,90	168,71	68,64	42,86	34,64	30,27	237,49	586,50
41,00	5,69	3,72	160,91	63,51	40,24	32,52	28,42	237,49	566,80
42,00	5,43	3,54	153,48	60,57	37,23	30,53	26,68	237,49	549,53
43,00	5,18	3,38	146,38	57,77	35,51	28,25	25,05	237,49	533,84
44,00	4,94	3,22	139,62	55,10	33,87	26,94	23,18	237,49	519,43
45,00	4,71	3,08	133,17	52,56	32,31	25,70	22,11	237,49	506,40
46,00	4,49	2,93	127,01	50,13	30,81	24,51	21,08	237,49	493,97
47,00	4,29	2,80	121,14	47,81	29,39	23,38	20,11	237,49	482,12
48,00	4,09	2,67	115,55	45,60	28,03	22,30	19,18	237,49	470,82

Lanjutan Tabel 5.55 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS Nakayasu Tahun 2024 Dengan Distribusi Hujan ABM

T (jam)	U(t,1)	Q_1 m³/det	Q_2 m³/det	Q_3 m³/det	Q_4 m³/det	Q_5 m³/det	Q_6 m³/det	Baseflow	Qtotall m³/det
	m³/det/mm	$p_{e1} =$ 0,653	$p_{e2} =$ 26,959	$p_{e3} =$ 10,148	$p_{e4} =$ 5,950	$p_{e5} =$ 4,514	$p_{e6} =$ 3,704		
48,00	4,09	2,67	115,55	45,60	28,03	22,30	19,18	237,49	470,82
49,00	3,90	2,55	110,21	43,50	26,74	21,27	18,29	237,49	460,03
50,00	3,72	2,43	105,11	41,49	25,50	20,29	17,45	237,49	449,75
51,00	3,55	2,32	100,26	39,57	24,32	19,35	16,64	237,49	439,94
52,00	3,38	2,21	95,62	37,74	23,20	18,45	15,87	237,49	430,59
53,00	3,23	2,11	91,21	36,00	22,13	17,60	15,14	237,49	421,66
54,00	3,08	2,01	86,99	34,33	21,10	16,79	14,44	237,49	413,15
55,00	2,94	1,92	82,97	32,75	20,13	16,01	13,77	237,49	405,04
56,00	2,80	1,83	79,14	31,23	19,20	15,27	13,14	237,49	397,29
57,00	2,67	1,74	75,48	29,79	18,31	14,57	12,53	237,49	389,91
58,00	2,55	1,66	71,99	28,41	17,47	13,89	11,95	237,49	382,86
59,00	2,43	1,59	68,67	27,10	16,66	13,25	11,40	237,49	376,15
60,00	2,32	1,51	65,49	25,85	15,89	12,64	10,87	237,49	369,74

2. Distribusi Hujan Metode Tadashi Tanimoto

a. Kondisi Kondisi Lahan Tahun 2015

Untuk analisis perhitungan debit banjir metode HSS Nakayasu dengan distribusi hujan Tadashi Tanimoto pada kondisi lahan tahun 2014 caranya yaitu sama seperti analisis perhitungan debit banjir pada HSS Nakayasu dengan distribusi ABM, nilai hidrograf satuan sintetis (HSS) yang digunakan masih tetap HSS metode SCS dengan lahan tahun 2015. Nilai hujan efektif (p_e) yang dipakai yaitu nilai p_e dengan distribusi Tadashi Tanimoto tahun 2015 selama 8 jam seperti pada Tabel 5.34. Pada tabel tersebut nilai hujan efektif (p_e) dimulai pada saat jam ke-1. Sehingga nilai debit *surface runoff* pada jam tersebut memiliki nilai, kondisi tersebut terjadi karena nilai kedalaman hujan pada jam ke-1 lebih besar dari pada nilai initial abstraction (I_a). Keadaan serupa berlaku untuk perhitungan debit banjir lain di dalam penelitian ini. Hasil dari perhitungan debit banjir memakai data tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.56.

b. Kondisi Kondisi Lahan Tahun 2019

Untuk analisis perhitungan debit banjir metode HSS Nakayasu dengan distribusi hujan Tadashi Tanimoto pada kondisi lahan tahun 2019 caranya yaitu sama seperti analisis perhitungan debit banjir pada HSS Nakayasu dengan distribusi Tadashi Tanimoto tahun 2014 diatas. nilai hujan efektif (p_e) yang dipakai yaitu nilai p_e dengan distribusi Tadashi Tanimoto tahun 2019 selama 8 jam seperti pada Tabel 5.35. Dan hasil dari perhitungan debit banjir memakai data tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.57

c. Kondisi Kondisi Lahan Tahun 2024

Untuk analisis perhitungan debit banjir metode HSS SCS dengan distribusi hujan Tadashi Tanimoto pada kondisi lahan tahun 2024 caranya yaitu sama seperti analisis perhitungan debit banjir pada HSS SCS dengan distribusi Tadashi Tanimoto tahun 2014 diatas. Nilai hujan efektif (p_e) yang dipakai yaitu nilai p_e dengan distribusi Tadashi Tanimoto tahun 2024 selama 8 jam

seperti pada Tabel 5.36. Dan hasil dari perhitungan debit banjir memakai data tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.58

Tabel 5.56 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS Nakayasu Tahun 2015 Dengan Distribusi Hujan Tadashi Tanimoto

T (jam)	U(t,1)	$Q_1 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_2 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_3 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_4 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_5 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_6 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_7 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_8 \text{ m}^3/\text{det}$	Baseflow	Q m^3/det
	$\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$	$p_{e1} = 2,119$	$p_{e2} = 11,609$	$p_{e3} = 11,561$	$p_{e4} = 9,953$	$p_{e5} = 5,654$	$p_{e6} = 4,561$	$p_{e7} = 3,376$	$p_{e8} = 2,991$		
0,00	0,00									237,49	237,49
1,00	0,44	0,93								237,49	238,41
2,00	2,31	4,89	5,07							237,49	247,45
3,00	6,11	12,94	26,79	5,05						237,49	282,27
4,00	12,18	25,81	70,88	26,67	4,35					237,49	365,20
5,00	20,80	44,09	141,38	70,58	22,96	2,47				237,49	518,97
6,00	32,23	68,29	241,52	140,79	60,77	13,04	1,99			237,49	763,89
7,00	46,65	98,86	374,10	240,52	121,21	34,52	10,52	1,48		237,49	1118,70
8,00	64,28	136,21	541,58	372,55	207,07	68,85	27,85	7,79	1,31	237,49	1600,70
9,00	61,22	129,72	746,18	539,33	320,74	117,62	55,55	20,61	6,90	237,49	2174,15
10,00	55,69	118,01	710,66	743,08	464,33	182,19	94,90	41,11	18,26	237,49	2610,04
11,00	50,66	107,36	646,50	707,70	639,75	263,75	146,99	70,24	36,43	237,49	2856,20
12,00	46,09	97,67	588,13	643,81	609,29	363,39	212,80	108,79	62,23	237,49	2923,60
13,00	41,93	88,85	535,03	585,68	554,28	346,09	293,19	157,50	96,39	237,49	2894,50
14,00	38,14	80,83	486,73	532,80	504,24	314,85	279,23	217,00	139,54	237,49	2792,70
15,00	34,70	73,53	442,78	484,70	458,71	286,42	254,02	206,67	192,26	237,49	2636,59

Lanjutan Tabel 5.57 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS Nakayasu Tahun 2015 Dengan Distribusi Hujan Tadashi Tanimoto

T (jam)	U(t,1)	$Q_1 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_2 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_3 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_4 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_5 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_6 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_7 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_8 \text{ m}^3/\text{det}$	Baseflow	Q m^3/det
	$\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$	$p_{e1} = 2,119$	$p_{e2} = 11,609$	$p_{e3} = 11,561$	$p_{e4} = 9,953$	$p_{e5} = 5,654$	$p_{e6} = 4,561$	$p_{e6} = 3,376$	$p_{e6} = 2,991$		
16,00	31,56	66,89	402,81	440,94	417,30	260,56	231,09	188,01	183,11	237,49	2428,19
17,00	28,71	60,85	366,44	401,13	379,62	237,04	210,22	171,04	166,58	237,49	2230,40
18,00	26,12	55,36	333,36	364,91	345,35	215,64	191,24	155,59	151,54	237,49	2050,47
19,00	23,76	50,36	303,26	331,97	314,17	196,17	173,98	141,55	137,86	237,49	1886,79
20,00	21,62	45,81	275,88	302,00	285,81	178,46	158,27	128,77	125,41	237,49	1737,88
21,00	19,67	41,68	250,97	274,73	260,00	162,34	143,98	117,14	114,09	237,49	1602,42
22,00	18,56	39,33	228,31	249,93	236,53	147,69	130,98	106,57	103,79	237,49	1480,60
23,00	17,42	36,92	215,44	227,36	215,17	134,35	119,16	96,94	94,42	237,49	1377,25
24,00	16,36	34,66	202,26	214,54	195,75	122,22	108,40	88,19	85,89	237,49	1289,41
25,00	15,36	32,55	189,90	201,42	184,71	111,19	98,61	80,23	78,14	237,49	1214,23
26,00	14,42	30,56	178,29	189,11	173,41	104,92	89,71	72,99	71,08	237,49	1147,55
27,00	13,54	28,69	167,39	177,55	162,81	98,50	84,65	66,40	64,66	237,49	1088,14
28,00	12,71	26,93	157,16	166,69	152,86	92,48	79,47	62,65	58,83	237,49	1034,57
29,00	11,93	25,29	147,55	156,50	143,51	86,83	74,62	58,82	55,51	237,49	986,12
30,00	11,20	23,74	138,53	146,94	134,74	81,52	70,05	55,23	52,12	237,49	940,35
31,00	10,52	22,29	130,06	137,95	126,50	76,54	65,77	51,85	48,93	237,49	897,38
32,00	9,88	20,93	122,11	129,52	118,77	71,86	61,75	48,68	45,94	237,49	857,04
33,00	9,27	19,65	114,64	121,60	111,51	67,46	57,98	45,70	43,13	237,49	819,16
34,00	8,70	18,45	107,64	114,17	104,69	63,34	54,43	42,91	40,49	237,49	783,60

Lanjutan Tabel 5.58 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS Nakayasu Tahun 2015 Dengan Distribusi Hujan Tadashi Tanimoto

T (jam)	U(t,1)	$Q_1 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_2 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_3 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_4 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_5 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_6 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_7 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_8 \text{ m}^3/\text{det}$	Baseflow	Q m^3/det
	$\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$	$p_{e1} = 2,119$	$p_{e2} = 11,609$	$p_{e3} = 11,561$	$p_{e4} = 9,953$	$p_{e5} = 5,654$	$p_{e6} = 4,561$	$p_{e7} = 3,376$	$p_{e8} = 2,991$		
35,00	8,17	17,32	101,06	107,19	98,29	59,47	51,10	40,29	38,02	237,49	750,22
36,00	7,67	16,26	94,88	100,64	92,28	55,83	47,98	37,82	35,69	237,49	718,87
37,00	7,20	15,27	89,08	94,48	86,64	52,42	45,05	35,51	33,51	237,49	689,44
38,00	6,76	14,33	83,63	88,71	81,34	49,21	42,29	33,34	31,46	237,49	661,81
39,00	6,26	13,26	78,52	83,28	76,37	46,21	39,71	31,30	29,54	237,49	635,68
40,00	5,97	12,65	72,65	78,19	71,70	43,38	37,28	29,39	27,73	237,49	610,46
41,00	5,69	12,06	69,29	72,35	67,32	40,73	35,00	27,59	26,04	237,49	587,87
42,00	5,43	11,51	66,09	69,00	62,29	38,24	32,86	25,91	24,45	237,49	567,83
43,00	5,18	10,98	63,04	65,82	59,41	35,38	30,85	24,32	22,95	237,49	550,23
44,00	4,94	10,47	60,12	62,77	56,66	33,75	28,55	22,83	21,55	237,49	534,19
45,00	4,71	9,98	57,35	59,87	54,05	32,19	27,23	21,13	20,23	237,49	519,51
46,00	4,49	9,52	54,70	57,11	51,55	30,70	25,97	20,15	18,72	237,49	505,90
47,00	4,29	9,08	52,17	54,47	49,17	29,28	24,77	19,22	17,85	237,49	493,49
48,00	4,09	8,66	49,76	51,95	46,89	27,93	23,62	18,33	17,03	237,49	481,66
49,00	3,90	8,26	47,46	49,55	44,73	26,64	22,53	17,48	16,24	237,49	470,38
50,00	3,72	7,88	45,27	47,26	42,66	25,41	21,49	16,68	15,49	237,49	459,62
51,00	3,55	7,52	43,17	45,08	40,69	24,23	20,50	15,91	14,78	237,49	449,35
52,00	3,38	7,17	41,18	42,99	38,81	23,11	19,55	15,17	14,09	237,49	439,56
53,00	3,23	6,84	39,28	41,01	37,02	22,04	18,65	14,47	13,44	237,49	430,23

Lanjutan Tabel 5.59 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS Nakayasu Tahun 2015 Dengan Distribusi Hujan Tadashi Tanimoto

T (jam)	U(t,1)	$Q_1 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_2 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_3 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_4 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_5 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_6 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_7 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_8 \text{ m}^3/\text{det}$	Baseflow	Q m^3/det
	$\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$	$p_{e1} = 2,119$	$p_{e2} = 11,609$	$p_{e3} = 11,561$	$p_{e4} = 9,953$	$p_{e5} = 5,654$	$p_{e6} = 4,561$	$p_{e7} = 3,376$	$p_{e8} = 2,991$		
54,00	3,08	6,52	37,46	39,11	35,30	21,03	17,79	13,80	12,82	237,49	421,32
55,00	2,94	6,22	35,73	37,30	33,67	20,05	16,96	13,16	12,23	237,49	412,82
56,00	2,80	5,93	34,08	35,58	32,12	19,13	16,18	12,56	11,66	237,49	404,72
57,00	2,67	5,66	32,50	33,94	30,63	18,24	15,43	11,98	11,12	237,49	396,99
58,00	2,55	5,40	31,00	32,37	29,22	17,40	14,72	11,42	10,61	237,49	389,62
59,00	2,43	5,15	29,57	30,87	27,87	16,60	14,04	10,89	10,12	237,49	382,59
60,00	2,32	4,91	28,20	29,45	26,58	15,83	13,39	10,39	9,65	237,49	375,89

Tabel 5.60 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS Nakayasu Tahun 2019 Dengan Distribusi Hujan Tadashi Tanimoto

T (jam)	U(t,1)	$Q_1 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_2 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_3 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_4 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_5 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_6 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_7 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_8 \text{ m}^3/\text{det}$	Baseflow	Q m^3/det
	$\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$	$p_{e1} = 2,138$	$p_{e2} = 11,645$	$p_{e3} = 11,583$	$p_{e4} = 9,968$	$p_{e5} = 5,661$	$p_{e6} = 4,567$	$p_{e7} = 3,380$	$p_{e8} = 2,994$		
0,00	0,00									237,49	237,49
1,00	0,44	0,93								237,49	238,42
2,00	2,31	4,93	5,09							237,49	247,51
3,00	6,11	13,06	26,87	5,06						237,49	282,48
4,00	12,18	26,04	71,10	26,72	4,36					237,49	365,71
5,00	20,80	44,49	141,82	70,72	23,00	2,47				237,49	519,98
6,00	32,23	68,91	242,28	141,05	60,86	13,06	2,00			237,49	765,64
7,00	46,65	99,76	375,28	240,97	121,38	34,56	10,54	1,48		237,49	1121,45
8,00	64,28	137,45	543,28	373,25	207,37	68,94	27,88	7,80	1,31	237,49	1604,76
9,00	61,22	130,90	748,52	540,35	321,20	117,77	55,61	20,63	6,91	237,49	2179,39
10,00	55,69	119,09	712,89	744,48	465,00	182,42	95,01	41,16	18,28	237,49	2615,80
11,00	50,66	108,33	648,52	709,04	640,67	264,08	147,16	70,31	36,46	237,49	2862,07
12,00	46,09	98,55	589,97	645,02	610,17	363,84	213,04	108,91	62,29	237,49	2929,29
13,00	41,93	89,66	536,71	586,79	555,08	346,52	293,52	157,67	96,49	237,49	2899,92
14,00	38,14	81,56	488,25	533,81	504,97	315,24	279,55	217,23	139,68	237,49	2797,77
15,00	34,70	74,20	444,17	485,61	459,38	286,77	254,31	206,89	192,46	237,49	2641,27

Lanjutan Tabel 5.57 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS Nakayasu Tahun 2019 Dengan Distribusi Hujan Tadashi Tanimoto

T (jam)	U(t,1)	$Q_1 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_2 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_3 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_4 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_5 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_6 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_7 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_8 \text{ m}^3/\text{det}$	Baseflow	Q m^3/det
	$\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$	$p_{e1} = 2,138$	$p_{e2} = 11,645$	$p_{e3} = 11,583$	$p_{e4} = 9,968$	$p_{e5} = 5,661$	$p_{e6} = 4,567$	$p_{e7} = 3,380$	$p_{e8} = 2,994$		
17,00	28,71	61,40	367,59	401,89	380,17	237,33	210,46	171,22	166,74	237,49	2234,29
18,00	26,12	55,86	334,40	365,60	345,85	215,90	191,46	155,76	151,69	237,49	2054,01
19,00	23,76	50,82	304,21	332,59	314,62	196,41	174,17	141,70	137,99	237,49	1890,01
20,00	21,62	46,23	276,74	302,57	286,22	178,68	158,45	128,90	125,54	237,49	1740,81
21,00	19,67	42,06	251,76	275,25	260,38	162,55	144,14	117,27	114,20	237,49	1605,08
22,00	18,56	39,68	229,03	250,40	236,87	147,87	131,13	106,68	103,89	237,49	1483,04
23,00	17,42	37,26	216,11	227,79	215,48	134,52	119,29	97,05	94,51	237,49	1379,50
24,00	16,36	34,98	202,90	214,94	196,03	122,37	108,52	88,29	85,98	237,49	1291,50
25,00	15,36	32,84	190,49	201,80	184,97	111,33	98,72	80,31	78,22	237,49	1216,18
26,00	14,42	30,83	178,85	189,47	173,66	105,05	89,81	73,06	71,15	237,49	1149,37
27,00	13,54	28,95	167,92	177,88	163,05	98,63	84,74	66,47	64,73	237,49	1089,85
28,00	12,71	27,18	157,65	167,01	153,08	92,60	79,56	62,72	58,89	237,49	1036,17
29,00	11,93	25,52	148,01	156,80	143,72	86,94	74,70	58,88	55,56	237,49	987,62
30,00	11,20	23,96	138,96	147,21	134,93	81,62	70,13	55,28	52,17	237,49	941,76
31,00	10,52	22,49	130,47	138,21	126,69	76,63	65,85	51,90	48,98	237,49	898,71
32,00	9,88	21,12	122,49	129,76	118,94	71,95	61,82	48,73	45,98	237,49	858,28
33,00	9,27	19,83	115,00	121,83	111,67	67,55	58,04	45,75	43,17	237,49	820,33
34,00	8,70	18,61	107,97	114,38	104,84	63,42	54,49	42,96	40,53	237,49	784,70
35,00	8,17	17,48	101,37	107,39	98,43	59,54	51,16	40,33	38,06	237,49	751,25

Lanjutan Tabel 5.57 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS Nakayasu Tahun 2019 Dengan Distribusi Hujan Tadashi Tanimoto

T (jam)	U(t,1)	$Q_1 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_2 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_3 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_4 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_5 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_6 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_7 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_8 \text{ m}^3/\text{det}$	Baseflow	Q m^3/det
	$\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$	$p_{e1} = 2,138$	$p_{e2} = 11,645$	$p_{e3} = 11,583$	$p_{e4} = 9,968$	$p_{e5} = 5,661$	$p_{e6} = 4,567$	$p_{e6} = 3,380$	$p_{e6} = 2,994$		
35,00	8,17	17,48	101,37	107,39	98,43	59,54	51,16	40,33	38,06	237,49	751,25
36,00	7,67	16,41	95,18	100,83	92,42	55,90	48,03	37,86	35,73	237,49	719,84
37,00	7,20	15,41	89,36	94,66	86,77	52,48	45,10	35,55	33,55	237,49	690,35
38,00	6,76	14,46	83,89	88,87	81,46	49,28	42,34	33,38	31,49	237,49	662,67
39,00	6,26	13,38	78,77	83,44	76,48	46,26	39,75	31,34	29,57	237,49	636,48
40,00	5,97	12,76	72,88	78,34	71,81	43,43	37,32	29,42	27,76	237,49	611,21
41,00	5,69	12,17	69,51	72,48	67,42	40,78	35,04	27,62	26,06	237,49	588,58
42,00	5,43	11,61	66,30	69,13	62,38	38,29	32,90	25,93	24,47	237,49	568,50
43,00	5,18	11,07	63,23	65,94	59,49	35,42	30,89	24,35	22,97	237,49	550,86
44,00	4,94	10,56	60,31	62,89	56,75	33,79	28,58	22,86	21,57	237,49	534,79
45,00	4,71	10,07	57,53	59,99	54,12	32,23	27,26	21,15	20,25	237,49	520,08
46,00	4,49	9,61	54,87	57,21	51,62	30,74	26,00	20,17	18,74	237,49	506,45
47,00	4,29	9,17	52,33	54,57	49,24	29,32	24,80	19,24	17,87	237,49	494,02
48,00	4,09	8,74	49,91	52,05	46,96	27,96	23,65	18,35	17,05	237,49	482,16
49,00	3,90	8,34	47,61	49,64	44,79	26,67	22,56	17,50	16,26	237,49	470,86
50,00	3,72	7,95	45,41	47,35	42,72	25,44	21,52	16,69	15,51	237,49	460,07
51,00	3,55	7,59	43,31	45,16	40,75	24,26	20,52	15,92	14,79	237,49	449,79
52,00	3,38	7,23	41,31	43,07	38,86	23,14	19,57	15,19	14,11	237,49	439,98
53,00	3,23	6,90	39,40	41,08	37,07	22,07	18,67	14,49	13,46	237,49	430,62

Lanjutan Tabel 5.57 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS Nakayasu Tahun 2019 Dengan Distribusi Hujan Tadashi Tanimoto

T (jam)	U(t,1)	$Q_1 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_2 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_3 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_4 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_5 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_6 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_7 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_8 \text{ m}^3/\text{det}$	Baseflow	Q m^3/det
	$\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$	$p_{e1} = 2,138$	$p_{e2} = 11,645$	$p_{e3} = 11,583$	$p_{e4} = 9,968$	$p_{e5} = 5,661$	$p_{e6} = 4,567$	$p_{e6} = 3,380$	$p_{e6} = 2,994$		
55,00	2,94	6,28	35,84	37,38	33,72	20,08	16,98	13,18	12,24	237,49	413,18
56,00	2,80	5,99	34,19	35,65	32,16	19,15	16,20	12,57	11,67	237,49	405,06
57,00	2,67	5,71	32,61	34,00	30,68	18,27	15,45	11,99	11,14	237,49	397,32
58,00	2,55	5,45	31,10	32,43	29,26	17,42	14,74	11,43	10,62	237,49	389,93
59,00	2,43	5,19	29,66	30,93	27,91	16,62	14,05	10,91	10,13	237,49	382,89
60,00	2,32	4,95	28,29	29,50	26,62	15,85	13,41	10,40	9,66	237,49	376,17

Tabel 5.61 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS Nakayasu Tahun 2024 Dengan Distribusi Hujan Tadashi Tanimoto

T (jam)	U(t,1)	$Q_1 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_2 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_3 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_4 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_5 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_6 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_7 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_8 \text{ m}^3/\text{det}$	Baseflow	Q m^3/det
	$\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$	$p_{e1} = 2,149$	$p_{e2} = 11,664$	$p_{e3} = 11,594$	$p_{e4} = 9,975$	$p_{e5} = 5,664$	$p_{e6} = 4,569$	$p_{e7} = 3,382$	$p_{e8} = 2,996$		
0,00	0,00									237,49	237,49
1,00	0,44	0,94								237,49	238,43
2,00	2,31	4,96	5,10							237,49	247,54
3,00	6,11	13,12	26,91	5,07						237,49	282,59
4,00	12,18	26,16	71,22	26,75	4,36					237,49	365,98
5,00	20,80	44,70	142,05	70,79	23,02	2,48				237,49	520,51
6,00	32,23	69,24	242,67	141,19	60,90	13,07	2,00			237,49	766,56
7,00	46,65	100,23	375,89	241,21	121,48	34,58	10,54	1,48		237,49	1122,89
8,00	64,28	138,10	544,17	373,62	207,53	68,98	27,90	7,80	1,31	237,49	1606,88
9,00	61,22	131,52	749,74	540,88	321,45	117,84	55,64	20,65	6,91	237,49	2182,12
10,00	55,69	119,65	714,05	745,21	465,35	182,53	95,06	41,18	18,29	237,49	2618,81
11,00	50,66	108,85	649,58	709,73	641,15	264,25	147,25	70,35	36,48	237,49	2865,13
12,00	46,09	99,02	590,93	645,65	610,63	364,08	213,17	108,97	62,33	237,49	2932,26
13,00	41,93	90,08	537,58	587,36	555,50	346,74	293,70	157,75	96,54	237,49	2902,74
14,00	38,14	81,95	489,05	534,33	505,35	315,44	279,71	217,35	139,76	237,49	2800,42
15,00	34,70	74,55	444,89	486,09	459,72	286,96	254,46	207,00	192,56	237,49	2643,72

Lanjutan Tabel 5.58 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS Nakayasu Tahun 2024 Dengan Distribusi Hujan Tadashi Tanimoto

T (jam)	U(t,1)	$Q_1 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_2 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_3 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_4 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_5 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_6 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_7 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_8 \text{ m}^3/\text{det}$	Baseflow	Q m^3/det
	$\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$	$p_{e1} = 2,149$	$p_{e2} = 11,664$	$p_{e3} = 11,594$	$p_{e4} = 9,975$	$p_{e5} = 5,664$	$p_{e6} = 4,569$	$p_{e7} = 3,382$	$p_{e8} = 2,996$		
16,00	31,56	67,82	404,73	442,20	418,22	261,05	231,49	188,31	183,39	237,49	2434,69
17,00	28,71	61,69	368,19	402,28	380,46	237,48	210,59	171,31	166,83	237,49	2236,32
18,00	26,12	56,12	334,95	365,96	346,11	216,04	191,57	155,85	151,77	237,49	2055,86
19,00	23,76	51,06	304,70	332,92	314,86	196,54	174,28	141,78	138,07	237,49	1891,69
20,00	21,62	46,45	277,19	302,86	286,43	178,79	158,54	128,98	125,60	237,49	1742,34
21,00	19,67	42,25	252,17	275,52	260,57	162,65	144,23	117,33	114,26	237,49	1606,47
22,00	18,56	39,87	229,40	250,64	237,05	147,97	131,21	106,74	103,95	237,49	1484,31
23,00	17,42	37,43	216,46	228,01	215,65	134,61	119,36	97,10	94,56	237,49	1380,67
24,00	16,36	35,14	203,23	215,15	196,18	122,45	108,59	88,33	86,02	237,49	1292,59
25,00	15,36	33,00	190,81	202,00	185,11	111,40	98,78	80,36	78,26	237,49	1217,20
26,00	14,42	30,98	179,14	189,65	173,79	105,11	89,86	73,10	71,19	237,49	1150,33
27,00	13,54	29,09	168,19	178,06	163,17	98,69	84,79	66,50	64,76	237,49	1090,74
28,00	12,71	27,31	157,91	167,17	153,19	92,66	79,61	62,75	58,92	237,49	1037,00
29,00	11,93	25,64	148,25	156,95	143,83	86,99	74,74	58,92	55,59	237,49	988,41
30,00	11,20	24,07	139,19	147,36	135,04	81,67	70,17	55,31	52,20	237,49	942,50
31,00	10,52	22,60	130,68	138,35	126,78	76,68	65,88	51,93	49,00	237,49	899,40
32,00	9,88	21,22	122,69	129,89	119,03	71,99	61,86	48,76	46,01	237,49	858,93
33,00	9,27	19,92	115,19	121,95	111,75	67,59	58,08	45,78	43,20	237,49	820,94
34,00	8,70	18,70	108,15	114,50	104,92	63,46	54,52	42,98	40,56	237,49	785,27

Lanjutan Tabel 5.58 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS Nakayasu Tahun 2024 Dengan Distribusi Hujan Tadashi Tanimoto

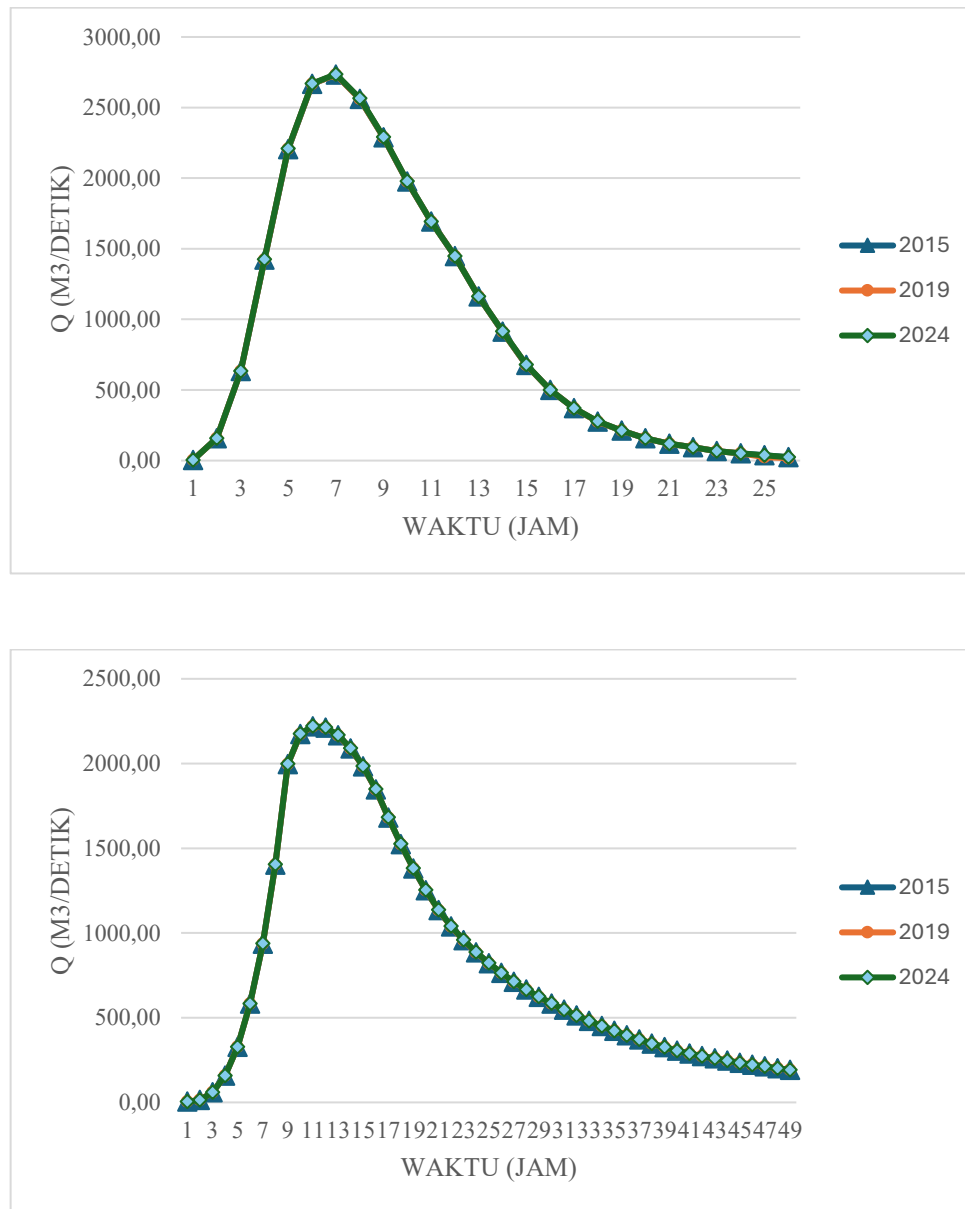
T (jam)	U(t,1)	$Q_1 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_2 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_3 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_4 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_5 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_6 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_7 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_8 \text{ m}^3/\text{det}$	Baseflow	Q m^3/det
	$\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$	$p_{e1} = 2,149$	$p_{e2} = 11,664$	$p_{e3} = 11,594$	$p_{e4} = 9,975$	$p_{e5} = 5,664$	$p_{e6} = 4,569$	$p_{e7} = 3,382$	$p_{e8} = 2,996$		
35,00	8,17	17,56	101,54	107,50	98,51	59,58	51,19	40,35	38,08	237,49	751,79
36,00	7,67	16,49	95,33	100,92	92,49	55,94	48,06	37,88	35,75	237,49	720,35
37,00	7,20	15,48	89,50	94,75	86,83	52,52	45,12	35,57	33,56	237,49	690,83
38,00	6,76	14,53	84,03	88,96	81,52	49,31	42,37	33,39	31,51	237,49	663,11
39,00	6,26	13,45	78,89	83,52	76,54	46,29	39,78	31,35	29,58	237,49	636,89
40,00	5,97	12,82	73,00	78,42	71,86	43,46	37,34	29,44	27,78	237,49	611,60
41,00	5,69	12,23	69,62	72,56	67,47	40,81	35,06	27,64	26,08	237,49	588,95
42,00	5,43	11,67	66,41	69,20	62,42	38,31	32,92	25,95	24,48	237,49	568,84
43,00	5,18	11,13	63,34	66,00	59,54	35,45	30,90	24,36	22,99	237,49	551,20
44,00	4,94	10,61	60,41	62,95	56,79	33,81	28,59	22,87	21,58	237,49	535,11
45,00	4,71	10,12	57,62	60,05	54,16	32,25	27,27	21,16	20,26	237,49	520,38
46,00	4,49	9,65	54,96	57,27	51,66	30,76	26,01	20,18	18,75	237,49	506,73
47,00	4,29	9,21	52,42	54,62	49,27	29,34	24,81	19,25	17,88	237,49	494,29
48,00	4,09	8,78	49,99	52,10	47,00	27,98	23,66	18,36	17,06	237,49	482,42
49,00	3,90	8,38	47,68	49,69	44,83	26,69	22,57	17,51	16,27	237,49	471,10
50,00	3,72	7,99	45,48	47,40	42,75	25,45	21,53	16,70	15,52	237,49	460,31
51,00	3,55	7,62	43,38	45,21	40,78	24,28	20,53	15,93	14,80	237,49	450,01
52,00	3,38	7,27	41,37	43,12	38,89	23,16	19,58	15,20	14,11	237,49	440,19
53,00	3,23	6,93	39,46	41,12	37,10	22,09	18,68	14,49	13,46	237,49	430,82

Lanjutan Tabel 5.58 Perhitungan Debit Banjir Metode HSS Nakayasu Tahun 2024 Dengan Distribusi Hujan Tadashi Tanimoto

T (jam)	U(t,1)	$Q_1 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_2 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_3 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_4 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_5 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_6 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_7 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_8 \text{ m}^3/\text{det}$	Baseflow	Q m^3/det
	$\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$	$p_{e1} =$ 2,149	$p_{e2} =$ 11,664	$p_{e3} =$ 11,594	$p_{e4} =$ 9,975	$p_{e5} =$ 5,664	$p_{e6} =$ 4,569	$p_{e7} =$ 3,382	$p_{e8} =$ 2,996		
54,00	3,08	6,61	37,64	39,22	35,38	21,07	17,82	13,82	12,84	237,49	421,89
55,00	2,94	6,31	35,90	37,41	33,75	20,09	16,99	13,19	12,25	237,49	413,37
56,00	2,80	6,02	34,24	35,68	32,19	19,16	16,21	12,58	11,68	237,49	405,24
57,00	2,67	5,74	32,66	34,03	30,70	18,28	15,46	11,99	11,14	237,49	397,49
58,00	2,55	5,47	31,15	32,46	29,28	17,43	14,74	11,44	10,63	237,49	390,10
59,00	2,43	5,22	29,71	30,96	27,93	16,63	14,06	10,91	10,14	237,49	383,04
60,00	2,32	4,98	28,34	29,53	26,64	15,86	13,41	10,41	9,67	237,49	376,32

5.9.4 Perbandingan Nilai Debit Banjir Metode HSS SCS dan HSS Nakayasu

Berdasarkan hasil analisis debit banjir diatas dilakukan perbandingan untuk mengetahui nilai debit banjir paling besar dihasilkan dari sebuah metode HSS. Untuk mengetahui perbandingan dapat dilihat pada Gambar 5.14 dibawah berikut.



Gambar 5.14 Perbandingan Nilai Debit Banjir Metode HSS SCS dan HSS Nakayasu

5.9.5 Rekapitulasi Nilai Debit Banjir

Berdasarkan semua hasil analisis nilai debit banjir pada setiap jam dengan metode hidrograf satuan sintetis (HSS) *SCS* dan Nakayasu dengan memakai distribusi hujan metode ABM dan Tadashi Tanimoto diambil hasil nilai debit banjir yang paling besar (maksimum) pada jam terpilih. Rekapitulasi dari nilai debit banjir maksimum pada periode ulang 20 tahun dapat dilihat pada Tabel 5.59 dan 5.60 berikut.

Tabel 5.62 Rekapitulasi Nilai Debit Banjir Maksimum Distribusi ABM Pada Periode Ulang 20 Tahun

Metode HSS	Distribusi ABM					
	2015		2019		2024	
	T _p	Q _p	T _p	Q _p	T _p	Q _p
	(jam)	(m3/detik)	(jam)	(m3/detik)	(jam)	(m3/detik)
SCS	7	3878,65	7	3886,46	7	3890,55
Nakayasu	11	3099,36	11	3105,45	11	3108,64

Tabel 5.63 Rekapitulasi Nilai Debit Banjir Maksimum Distribusi Tadashi Tanimoto Pada Periode Ulang 20 Tahun

Metode HSS	Distribusi Tadashi Tanimoto					
	2015		2019		2024	
	T _p	Q _p	T _p	Q _p	T _p	Q _p
	(jam)	(m3/detik)	(jam)	(m3/detik)	(jam)	(m3/detik)
SCS	8	3456,94	8	3463,56	8	3467,02
Nakayasu	12	2923,60	12	2929,29	12	2932,26

5.10 Pembahasan

Pada penelitian ini, digunakan 3 stasiun hujan seperti pada gambar polygon thiessen. Nilai curah hujan kawasan terkecil sebesar 91,3 mm pada tahun 2022 dan nilai curah hujan kawasan terkecil sebesar 50,56 mm pada tahun 2023. Berdasarkan hasil analisis frekuensi, pengujian Chi-Kuadrat dan pengujian Smirnov Kolmogorov yang sesuai dengan parameter statistik bahwa data curah hujan

menunjukkan kecenderungan termasuk ke dalam jenis distribusi probabilitas Log Pearson III. Periode ulang dipilih 20 tahun berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Tahun 2015 (PerMenPU). Berdasarkan jenis distribusi Log Pearson III menghasilkan hujan rencana untuk periode ulang 20 tahun sebesar 106,11 mm. Waktu konsentrasi menggunakan metode kirpich sebesar 7,903 jam. Dalam hal ini waktu konsentrasi dijadikan untuk intensitas hujan yang dibulatkan menjadi selama 8 jam.

Berdasarkan hasil analisis tutupan lahan pada DAS Serayu pada tahun 2015, 2019 dan 2024 mengalami perubahan luasan di semua jenis lahan. Jenis tanah secara hidrologi pada DAS Serayu termasuk kelompok Tanah B, C dan D. Akibat adanya perubahan luasan dan pengaruh jenis tanah mempengaruhi terhadap nilai *curve number (CN)* komposit. Nilai *curve number (CN)* komposit pada tahun 2015 sebesar 78,13 pada tahun 2019 sebesar 78,19 dan pada tahun 2024 sebesar 78,22 sehingga nilai *curve number (CN)* komposit mengalami penurunan. Perubahan jenis lahan tersebut akibatnya yaitu semakin besar nilai *curve number* komposit maka akan menghasilkan nilai retensi potensial yang kecil, begitu sebaliknya. Hasil analisis untuk kemampuan proses meresapnya air hujan ke dalam tanah atau nilai retensi potensial maksimum yang didapatkan pada tahun 2015 sebesar 71,06 pada tahun 2019 sebesar 70,83 dan pada tahun 2024 sebesar 70,71. Akibat nilai retensi potensial maksimum sebesar itu mempengaruhi nilai hujan efektif yang dihasilkan.

Hubungan antara perubahan tutupan lahan dengan debit banjir yaitu semakin banyak lahan yang tidak dapat menyerap air mengakibatkan debit limpasan atau debit banjir semakin besar dikarenakan curah hujan menjadi limpasan langsung. Berdasarkan hasil analisis tutupan lahan, perubahan lahan pada tahun 2015, 2019 dan 2024 tidak berubah secara signifikan. Semakin besar nilai *curve number* komposit maka akan menghasilkan nilai retensi potensial yang kecil, begitu sebaliknya. Pengaruh nilai retensi potensial yang kecil akan menghasilkan nilai debit banjir yang besar dan sebaliknya. Nilai hujan efektif yang dihasilkan pada tahun 2024 menjadi lebih besar dibanding tahun 2015 dan 2019, itu disebabkan karena pada rentang tahun 2015, 2019 dan 2024 luasan tanah

(permukaan) yang dapat menyerap air (vegetasi) berkurang sedangkan luasan tanah (permukaan) yang tidak dapat menyerap air (bangunan) bertambah meluas. Pengaruh nilai retensi potensial yang kecil akan menghasilkan nilai debit banjir yang besar dan sebaliknya.

Analisis perhitungan debit banjir menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintentis (HSS) *Soil Conservation Service (SCS)* dan metode HSS Nakayasu dengan memakai distribusi hujan *Alternating Block Method* dan Tadashi Tanimoto. Hasil analisis Hidrograf Satuan Sintentis (HSS) didapatkan debit puncak banjir sebesar 97,47 m³/detik/mm dan Hidrograf Satuan Sintentis (HSS) metode Nakayasu mendapatkan debit puncak banjir sebesar 66,55 m³/detik/mm.

Hasil analisis debit banjir menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) *Soil Conservation Service (SCS)* dengan jenis distribusi hujan metode *Alternating Block Method (ABM)* didapatkan pada tahun 2015 sebesar 3878,65 m³/detik, pada tahun 2019 sebesar 3886,46 m³/detik dan pada tahun 2024 sebesar 3890,55 m³/detik. Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) *Soil Conservation Service (SCS)* dengan jenis distribusi hujan metode Tadashi Tanimoto didapatkan pada tahun 2015 sebesar 3456,94 m³/detik, pada tahun 2019 sebesar 3463,56 m³/detik dan pada tahun 2024 sebesar 3467,02 m³/detik. Nilai debit banjir menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu dengan jenis distribusi hujan metode ABM didapatkan pada tahun 2015 sebesar 3099,36 m³/detik, pada tahun 2019 sebesar 3105,45 m³/detik dan pada tahun 2024 sebesar 3065,51 m³/detik. Nilai debit banjir menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu dengan jenis distribusi hujan metode Tadashi Tanimoto didapatkan pada tahun 2015 sebesar 2923,60 m³/detik, pada tahun 2019 sebesar 2929,29 m³/detik dan pada tahun 2024 sebesar 2932,26 m³/detik.

Dari hasil tersebut dapat dikatakan bahwa akibat adanya perubahan tutupan lahan pada tahun 2015, tahun 2019, dan tahun 2024 yang dari asalnya lahan bisa menyerap air menjadi yang tidak bisa menyerap air (hutan jadi lahan yang lain menyebabkan nilai retensi potensial maksimum (S) mengalami kenaikan. Akibatnya yang mengalami limpasan langsung ke sungai pada tahun 2015, 2019 dan tahun 2024 tersebut menjadi bertambah. Hal itu sesuai dengan teori yang ada,

yaitu jika nilai *CN* suatu kawasan semakin kecil maka debit banjir yang terjadi juga akan semakin kecil, begitu sebaliknya. Perubahan-perubahan yang terjadi nilainya tidak berbeda jauh sehingga pertambahan nilai debit banjir yang dihasilkan di tahun 2015, tahun 2019, dan tahun 2024 mengalami kenaikan yang tidak signifikan atau sedikit pertambahan nilai debit banjir.

BAB VI

KESIMPULAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Nilai debit puncak banjir t menggunakan metode hidrograf satuan sintetis *Soil Conservation Service (SCS)* dengan distribusi hujan metode ABM 2015 sebesar 3878,65 m³/detik, pada tahun 2019 sebesar 3886,46 m³/detik dan pada tahun 2024 sebesar 3890,55 m³/detik. Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) *Soil Conservation Service (SCS)* dengan jenis distribusi hujan metode Tadashi Tanimoto didapatkan pada tahun 2015 sebesar 3099,36 m³/detik, pada tahun 2019 sebesar 3105,45 m³/detik dan pada tahun 2024 sebesar 3108,64 m³/detik. Nilai debit banjir menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu dengan jenis distribusi hujan ABM didapatkan pada tahun 2015 sebesar 3099,36 m³/detik, pada tahun 2019 sebesar 3105,45 m³/detik dan pada tahun 2024 sebesar 3108,52 m³/detik. Nilai debit banjir menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu dengan jenis distribusi hujan metode Tadashi Tanimoto didapatkan pada tahun 2015 sebesar 2923,60 m³/detik, pada tahun 2019 sebesar 2929,29 m³/detik dan pada tahun 2024 sebesar 2932,26 m³/detik.
2. Hubungan antara perubahan tutupan lahan dengan debit banjir pada DAS Serayu yaitu perubahan tutupan lahan yang tidak berubah terlalu banyak (tidak signifikan) menghasilkan selisih *Curve Number (CN)* komposit sebesar 0,05, menyebabkan perbedaan nilai debit banjir pada tahun 2015 dan tahun 2019, dan tahun 2015 dan 2024 sebesar 0,08. Semakin berkurang jenis lahan yang dapat menyerap air mengakibatkan debit limpasan atau debit banjir semakin besar dikarenakan curah hujan menjadi limpasan

langsung. Semakin besar nilai *CN* komposit maka menghasilkan nilai retensi potensial yang kecil, begitu sebaliknya. Pengaruh nilai retensi potensial yang kecil akan menghasilkan nilai debit banjir yang besar dan sebaliknya.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil dari kesimpulan penelitian ini, maka terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan pertimbangan untuk penelitian kedepannya yaitu sebagai berikut.

1. Dapat dilakukan penelitian lanjutan untuk menentukan debit banjir dengan menggunakan metode hidrograf satuan sintetis lainnya, seperti HSS Snyder, Limantara, GAMA 1, HSS ITB 1, HSS ITB 2, dan sebagainya, ataupun dengan pendekatan pemodelan menggunakan perangkat lunak seperti HEC-HMS dan SWAT.
2. Disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan mengenai pengaruh perubahan tutupan lahan dengan metode lain, misalnya *unsupervised classification* maupun *supervised classification*, dengan menambah jumlah *training sample* serta memperluas jenis tutupan lahan yang dianalisis.
3. Penelitian selanjutnya juga dapat dilakukan pada tahun-tahun mendatang, seperti tahun 2025 atau 2029, dengan menggunakan citra satelit *Landsat 8* untuk memperoleh hasil pembaruan data yang lebih representative.

DAFTAR PUSTAKA

- Aronoff, S. (1989). *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. Ottawa: WDL Publications.
- Asdak, C. (2002). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Burrough, P. A. (1986). *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. Oxford: Clarendon Press.
- Fauzi, M. R. (2022). *Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan terhadap Debit Banjir pada Daerah Aliran Sungai Cilangla*. Skripsi. Program Studi Teknik Sipil.
- Geosis. (2017). *Kombinasi Band Citra Landsat untuk Analisis Tutupan Lahan*. Diakses dari situs resmi Geosis.
- Harto, S. (2000). *Hidrologi*. Yogyakarta: Nafiri Offset
- Halim, F. (2014). *Pengaruh Hubungan Tata Guna Lahan dengan Debit Banjir pada Daerah Aliran Sungai Malalayang*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil.
- Ihtiar, R. A. (2024). *Analisis Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan terhadap Debit Banjir pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Padolo Kota Bima*. Skripsi. Program Studi Teknik Sipil.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2015). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 28/PRT/M/2015 tentang Penetapan Garis Sempadan Sungai dan Garis Sempadan Danau*. Jakarta.

- Marhendi, T. & Pramono. A. A. (2019). *Prediksi Peningkatan Debit Puncak Sungai Serayu Berdasarkan Perubahan Penggunaan Lahan*. Jurnal Teknik Sipil.
- Soemarto. C. D. (1987). *Hidrologi Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- Soewarno, (1995). *Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisis Data*. Bandung: Nova.
- Soil Conservation Service. (1972). *National Engineering Handbook. Section 4: Hydrology*. Washington. DC: USDA.
- Sugiarto. (2018). *Analisis Perubahan Tutupan Lahan Berbasis Penginderaan Jauh*. Jakarta: Prenadamedia Group.
- Triatmodjo. B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- United States Geological Survey (USGS). (2013). *Landsat 8 (L8) Data Users Handbook*. Reston. VA: U.S. Geological Survey.
- Wisanggeni, D. H. (2024). *Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan terhadap Debit Banjir pada Daerah Aliran Sungai*. Jurnal Teknik Sipil.

LAMPIRAN

Curah Hujan Stasiun Kalisapi 2015 – 2024

2015

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mat	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	4	6.5	67	11	0	0	0	0	0	0	0	1
2	1	31	48	13	16	6	0	0	0	0	0	0
3	1	0	46	78	1	0	0	0	0	0	0	32
4	5	1.5	23	20	4	0	0	0	0	0	0	12
5	5.5	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0.5	28
6	0	1	6	17	12	0	0	0	0	0	35	0
7	18.5	27	30	13	0	0	0	0	0	0	30	0
8	0	1	24	16	0	6	0	0	0	0	5	19
9	0	26.5	0	1	0	62	0	0	0	0	61	74
10	0	14.5	8	14	0	0	0	0	0	0	30	20
11	1	3	13	7	1	0	0	0	0	0	11	8
12	0	7	43	21	27	0	0	0	0	0	6	4
13	30	6	45	0	48.5	0	0	0	0	0	23	21
14	55	2	7	27	3	0	0	0	0	0	36	5
15	1	1	26	0	0	0	0	0	0	0	4	68
16	2	46	3	3	0	0	0	0	0	0	0	50
17	26	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	90
18	39	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	30
19	6	11	0	27	0	0	0	0	0	0	12	14.5
20	44	26	0	0	0	0	0	0	0	0	68	40
21	18	0	13.5	0	0	0	0	0	0	0	31	5
22	0	0	30	1	0	0	0	0	0	0	32	4.5
23	6.5	0	23	24	0	0	0	0	0	0	0	7
24	4	0	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0
25	1	3.5	11	33	0	0	0	0	0	0	1	0
26	22	0	1	1	0	0	0	0	0	0	60	0
27	0	20	8.5	4.5	27	0	0	0	0	0	20	0
28	27	66	34	0	0	0	0	0	0	0	53	1
29	10.5		6	0	2	0	0	0	0	0	34	0
30	2		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
31	2		14		0		0	0		0		0

2016

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
1	32	28	2	3	58	2	0	0	45	0	23	10
2	0	30	0	1	3	0	1	0	7	3	4	17
3	0	14	2	57	18	0	3	0	0	17	5	15
4	0	3	3	35	4	3	0	0	0	0	14	53
5	0	1	25	51	0	0	0	0	0	15	24	9
6	0	78	24	28	0	3	0	0	3	2	0	4
7	0	8	4	45	40	5	0	15	4	6	0	35
8	28	2	26	0	30	77	0	0	0	30	42	10
9	12	13	3	10	20	1	0	53	14	54	18	22
10	11	18	3	3	60	10	0	7	11	10	9	1
11	8	14	8	7	7	21	5	0	0	3	12	10
12	13	5	17	4	3	0	33	0	0	20	18	0
13	15	4.5	8	5	7	0	4	1	4	3	20	21
14	88	1	0	3	0	20	0	33	0	0	45	7
15	16	0	10	7	80	15	0	0	2	27	62	24
16	1	0	0	5	5	0	20	4	15	25	10	1
17	0	3	1	27	4	0	40	63	8	21	0	7
18	0	0	18	4.5	1	1	0	0	2	0	5	10
19	45	1	4	0	17	91	0	0	14	0	15	1
20	5	0	1	17	0	1	0	0	0	31	0	22
21	18	0	1	0	3	0	0	0	16	13	38	-
22	2	4	25	0	2	0	8	0	1	30	4	-
23	0	30	18	10	42	5	7	0	20	4	15	-
24	1	10	34	0	0	1	2	0	40	0	67	-
25	1	13	37	58	0	0	0	0	60	20	24	-
26	4.5	25	30	22	1	1	1	0	6	24	108	-
27	1	1	2	1	63	0	7	0	1	47	9	-
28	0	33	2	2	0	55	4	19	73	8	6	-
29	13.5	40	74	57	31	0	17	8	0	6	43	-
30	0		30	18	15	40	-	17	0	4	35	-
31	3		5		2		-	1		2.5		-

2017

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mat	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	19	11	30	20	2	12	0	0	0	12	0	0
2	30	72	0	6	0	18	0	0	0	4	0	0
3	11	16	0	20	5	0	0	0	0	10	0	0
4	7	12	18	25	5	0	0	0	0	1	2	0
5	13	0	0	6	4	0	0	0	0	15	50	0
6	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	26	1
7	1	0	31	37	0	26	0	0	0	0	37	1
8	58	2	0	0	2	1	0	0	0	4	3	3
9	1	4	3	0	6	0	0	0	0	5	14	2
10	0	7	0	37	0	0	0	0	0	1	18	8
11	9	1	0	0	0	0	0	0	0	2	9	8
12	16	0	1	13	0	0	0	0	0	0	7	40
13	1	25	0	2	0	9	0	0	0	5	54	2
14	12	52	1	0	0	1	0	0	0	0	3	26
15	9	12	10	0	0	8	0	0	0	1	4	0
16	11	19	32	0	0	1	0	0	0	18	3	9
17	23	7	0	0	0	0	0	0	0	67	5	4
18	30	0	23	0	0	0	0	0	0	7	45	60
19	63	20	99	48	0	10	0	0	0	31	0	59
20	72	2	23	17	0	25	0	0	0	1	3	48
21	2	37	11	28	0	0	0	0	0	0	4	73
22	0	7	0	3	0	0	0	0	0	0	5	34
23	37	6	0	15	0	0	0	0	0	0	12	44
24	0	2	0	6	0	3	0	0	3	0	12	1
25	1	15	0	0	0	3	0	0	80	4	17	0
26	6	4	25	32	0	32	0	0	4	14	5	0
27	0	3	1	37	0	37	1	0	21	30	3	3
28	36	56	0	18	1	1	8	0	66	90	6	14
29	32		0	15	47	0	2	0	22	18	1	0
30	6		0	5	0	0	2	0	10	0	36	14
31	1		0		12		0	0		0		43

2018

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mat	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	0	45	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	18	5	5	2	0	0	0	0	0	0	0	1
3	4	14	0	10	0	0	0	0	0	0	0	5
4	11	1	80	0	0	0	0	0	0	0	102	28
5	55	30	30	0	0	0	5	0	0	0	1	17
6	50	18	25	0	0	0	0	0	0	0	20	27
7	4	20	31	10	0	0	0	0	0	0	6	33
8	10	20	18	32	0	0	0	0	7	0	2	35
9	67	11	58	9	0	0	0	0	0	0	55	5
10	20	1	0	0.3	0	0	1	0	0	0	40	1
11	50	0	57	45	0	0	0	0	0	0	30	63
12	0	86	7	8	25	0	0	0	4	0	102	3
13	1	8	0	3	0	0	0	0	0	0	15	1
14	25	18	0	20	0	0	0	0	0	0	13	1
15	1	1	0	8	0	0	0	0	0	0	8	10
16	2	28	5	0	0	0	0	0	0	0	0	17
17	0	8	0	5	0	0	0	0	0	0	0	16
18	0	2	62	36	0	0	0	0	1	0	0	2
19	10	0	16	34	25	0	0	0	0	0	0	0
20	23	68	1	0	1	0	0	0	1	0	0	3
21	5	27	1	2	6	0	0	0	0	0	0	2
22	6	68	2	1	6	0	0	0	0	0	0	1
23	5	21	0	18	0	0	0	0	0	0	0	3
24	10	28	1	20	36	0	0	0	0	0	0	87
25	39	10	45	26	0	0	0	0	0	0	0	5
26	4	0	15	7	32	0	0	0	0	0	7	8
27	23	50	55	0	0	0	0	0	0	0	66	3
28	4	0	12	5	0	0	0	0	0	0	41	2
29	1		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
30	1		1	0	0	0	0	0	0	0	18	0
31	1		0		0		0	0		0		0

2019

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mat	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	3	78	2	0	1	0	0	0	0	0	3	41
2	24	47	18	3	0	0	0	0	0	0	62	0
3	10	3	61	1	38	0	0	0	0	0	56	24
4	0	1	21	2	0	0	0	0	0	0	3	0
5	37	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	4
6	2	17	16	63	1	0	0	0	0	0	0	0
7	1	10	8	0	35	0	0	0	0	0	0	4
8	2	97	2	0	f	0	0	0	0	0	0	7
9	0	3	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0
10	75	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	19
11	4	44	8	0	0	0	0	0	0	0	0	44
12	3	4	40	2	0	0	0	0	0	0	0	16
13	8	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
14	17	20	4	1	0	0	0	0	0	0	12	5
15	16	19	13	0	0	3	0	0	0	0	50	2
16	78	1	91	10	0	1	0	0	0	0	0	10
17	47	7	54	17	0	0	0	0	0	0	0	45
18	25	4	68	2	0	0	0	0	0	0	0	8
19	18	8	4	12	0	0	0	0	0	0	12	17
20	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	4	14	7	3	0	0	1	0	0	0	0	1
22	19	56	30	62	0	0	0	0	0	0	1	0
23	13	25	73	0	0	0	0	0	0	0	0	17
24	10	14	30	48	0	0	0	0	0	0	0	8
25	5	17	1	46	0	0	0	0	0	0	3	3
26	7	21	3	0	0	0	0	1	0	0	0	1
27	1	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
28	3	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
29	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
30	0		0	13	0	0	0	0	0	0	4	-
31	7		0		0		0	0		0		-

2020

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
1	3	7	54	1	0	-	-	-	-	-	-	-
2	43	9	7	2	3	-	-	-	-	-	-	-
3	1	2	3	66	5	-	-	-	-	-	-	-
4	46	2	55	7	33	-	-	-	-	-	-	-
5	3	8	134	32	32	-	-	-	-	-	-	-
6	42	0	11	5	26	-	-	-	-	-	-	-
7	4	1	23	0	0	-	-	-	-	-	-	-
8	17	7	3	8	3	-	-	-	-	-	-	-
9	7	2	2	0	0	-	-	-	-	-	-	-
10	13	3	2	4	1	-	-	-	-	-	-	-
11	37	2	5	0	0	-	-	-	-	-	-	-
12	9	1	54	0	2	-	-	-	-	-	-	-
13	0	0	2	0	2	-	-	-	-	-	-	-
14	0	3	1	0	0	-	-	-	-	-	-	-
15	0	0	5	1	1	-	-	-	-	-	-	-
16	17	75	0	1	37	-	-	-	-	-	-	-
17	0	16	26	30	27	-	-	-	-	-	-	-
18	0	10	30	18	36	-	-	-	-	-	-	-
19	0	6	80	0	17	-	-	-	-	-	-	-
20	0	7	27	4	0	-	-	-	-	-	-	-
21	0	1	5	0	0	-	-	-	-	-	-	-
22	4	24	0	29	0	-	-	-	-	-	-	-
23	2	0	90	6	1	-	-	-	-	-	-	-
24	1	0	2	0	1	-	-	-	-	-	-	-
25	2	0	2	60	1	-	-	-	-	-	-	-
26	25	17	4	12	0	-	-	-	-	-	-	-
27	7	42	9	5	27	-	-	-	-	-	-	-
28	23	83	11	0	0	-	-	-	-	-	-	-
29	55	24	13	0	3	-	-	-	-	-	-	-
30	43	0	0	0	3	-	-	-	-	-	-	-
31	16		11		4		-	-		-		-

2021

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mat	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	24	21	0	15	0	0	0	0	0	0	10	8
2	7	19	16	15	3	0	0	1	0	0	9	4
3	0	10	8	0	12	0	0	1	0	0	123	8
4	32	9	6	22	0	0	0	8	0	4	8	14
5	7	2	0	0	0	0	0	20	0	0	46	24
6	31	7	9	20	0	0	0	0	10	1	3	0
7	0	0	10	21	0	0	0	0	3	0	3	0
8	50	1	51	0	0	0	0	0	0	2	0	34
9	46	1	38	33	0	0	0	0	0	0	9	52
10	3	16	1	38	0	0	0	0	0	2	2	13
11	36	3	10	20	0	12	0	0	5	0	2	95
12	105	1	2	0	0	0	0	0	23	0	3	53
13	91	10	1	16	0	0	0	0	1	0	33	0
14	1	6	0	10	0	0	0	0	1	0	6	41
15	0	8	1	0	0	2	0	0	17	0	2	8
16	10	12	13	0	0	20	0	0	0	0	4	15
17	16	43	5	0	0	0	0	0	0	0	0	3
18	2	6	15	0	0	1	0	0	1	4	1	5
19	0	18	0	0	0	21	0	0	2	27	5	6
20	1	0	9	0	0	0	2	0	0	1	10	67
21	1	0	13	0	0	25	0	0	32	23	0	68
22	11	3	1	0	0	2	0	0	1	13	65	
23	3	0	0	0	0	3	0	0	16	3	8	
24	2	71	10	0	1	1	0	0	6	0	4	
25	0	2	1	0	7	0	0	0	0	0	0	
26	89	18	0	0	21	20	0	0	5	1	16	
27	100	7	0	0	48	10	0	0	0	21	24	
28	3	43	0	0	1	75	0	0	0	36	18	
29	9		45	0	5	5	0	0	0	16	64	
30	0	0	14	0	0	50	0	0	0	1	25	
31	21		0		0		0	0		0		

2022

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mat	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	21	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0
2	5	4	2	0	4	0	0	0	13	0	0	0
3	0	13	36	0	0	0	4	0	0	0	15	0
4	0	12	53	28	0	0	4	0	0	4	0	0
5	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	61	8	6	1	0	12	0	0	3	0	0	0
7	0	26	10	0	0	4	30	0	0	0	3	0
8	0	9	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0
9	14	22	0	0	0	3	0	0	1	14	0	0
10	11	19	4	4	0	8	0	0	3	7	14	70
11	11	4	15	0	0	1	0	0	0	0	35	0
12	14	3	0	0	0	12	0	0	6	0	3	0
13	1	9	5	0	0	0	4	0	0	19	0	0
14	0	14	0	0	0	0	24	0	2	9	3	0
15	2	0	8	0	0	9	0	0	0	0	3	0
16	0	0	4	0	0	0	72	0	0	42	3	0
17	26	0	1	0	0	1	3	0	2	0	0	1
18	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	12	6
19	37	41	0	0	0	0	0	0	0	0	54	20
20	1	0	0	1	27	0	0	0	0	0	0	2
21	24	0	0	0	3	0	0	0	0	0	14	32
22	1	17	0	0	22	0	0	0	0	3	0	85
23	0	0	2	0	4	0	0	0	22	0	0	41
24	0	0	1	0	1	0	0	0	26	0	0	0
25	24	1	0	0	23	0	0	0	0	0	2	1
26	2	0	5	35	0	0	0	0	0	7	3	3
27	4	0	0	7	41	72	0	0	0	0	6	13
28	4	3	8	7	0	1	0	0	0	0	4	0
29	0		1	7	0	0	0	0	0	0	0	0
30	10		0	2	47	0	0	0	0	0	0	0
31	0		22		0		0	0		0		37

2023

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mat	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	0	43	11	6	2	0	0	0	0	0	0	33
2	1	12	16	0	51	0	1	0	0	33	0	0
3	2	0	6	0	15	0	0	0	0	0	0	112
4	5	13	36	0	37	0	0	0	0	0	0	13
5	17	0	3	0	27	0	1	0	0	0	0	0
6	3	0	2	1	14	0	10	0	0	0	0	0
7	28	3	0	0	62	0	4	0	0	0	0	0
8	1	4	1	0	0	0	2	0	0	0	0	3
9	8	21	3	17	0	0	6	0	0	0	0	2
10	4	27	0	14	8	0	0	0	0	0	0	15
11	0	0	0	13	2	0	0	0	0	0	5	0
12	0	6	0	71	0	0	0	0	0	0	2	0
13	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	1	5
14	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	30	0
15	32	0	0	2	0	0	0	0	0	0	76	0
16	2	9	7	2	0	10	0	0	0	0	24	0
17	28	5	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	15	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	3	17	35	0	0	50	0	0	0	0	0	0
20	13	0	34	0	0	0	0	0	0	0	3	0
21	1	12	70	2	0	0	0	0	0	0	2	0
22	50	0	4	23	0	0	0	0	0	0	20	0
23	0	57	47	43	0	0	0	0	0	0	4	0
24	0	0	0	9	0	0	0	0	1	0	18	0
25	15	0	26	22	0	0	0	0	0	0	0	1
26	61	5	11	0	0	7	0	0	0	0	0	7
27	0	0	2	6	0	3	0	0	0	0	6	0
28	9	16	1	74	0	11	0	0	0	0	6	0
29	8		6	0	0	6	0	0	0	0	2	5
30	1		5	8	0	0	0	0	0	0	0	49
31	20		0		0		0	0		2		9

2024

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mat	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	39	15	33	2	0	0	0	0	0	0	28	23
2	6	45	13	5	0	0	0	0	0	1	3	6
3	15	0	13	128	0	0	2	0	0	0	14	11
4	10	68	15	1	0	0	17	0	9	0	15	6
5	20	9	5	0	0	0	16	0	5	0	54	3
6	29	8	4	0	0	0	18	0	0	0	61	0
7	82	2	9	0	0	0	0	0	0	1	54	3
8	5	13	8	3	0	0	0	0	13	0	8	55
9	2	0	22	2	0	0	0	0	0	7	57	3
10	54	3	0	7	1	0	0	0	1	1	14	6
11	3	4	0	1	15	9	0	0	0	0	23	7
12	0	0	0	13	0	9	0	0	0	0	22	0
13	3	1	0	3	0	0	0	0	0	0	38	47
14	0	2	8	18	0	5	0	0	0	0	28	25
15	0	2	5	0	0	4	0	0	0	0	23	36
16	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	27	74
17	2	2	8	7	0	0	0	0	0	0	3	36
18	65	3	0	5	0	0	0	0	0	0	24	10
19	21	33	0	0	0	0	0	0	0	11	25	0
20	2	5	0	13	0	0	0	0	0	3	2	10
21	17	2	0	5	0	0	0	0	0	0	39	0
22	6	0	3	0	0	0	0	0	0	4	43	15
23	23	0	0	5	0	0	0	0	2	1	10	20
24	23	13	33	0	66	0	0	0	63	0	10	18
25	28	39	44	5	0	6	0	0	2	0	61	67
26	28	0	7	90	0	1	0	0	0	1	2	18
27	33	0	0	33	0	21	0	0	0	0	31	0
28	80	43	11	6	0	1	0	0	1	0	42	0
29	45	9	1	0	0	6	0	0	0	0	6	3
30	13		0	0	0	0	0	0	1	25	13	5
31	4		0		0		0	0		4		8

Curah Hujan Stasiun Kranji 2015 – 2024

2015

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mat	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	2	18	81	29	0	0	0	0	0	0	0	52
2	0	33	16	2	5	0	0	0	0	0	0	17
3	0	0	83	35	12	0	0	0	0	0	0	53
4	44	0	16	8	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	11	1	9	1	0	0	0	0	0	8	29
6	0	0	25	8	3	0	0	0	0	0	10	6
7	4	8	46	8	0	0	0	0	0	0	11	13
8	0	0	2	32	0	0	0	0	0	0	15	17
9	0	26	4	0	0	0	0	0	0	0	24	78
10	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	3
11	3	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	8	18	30	20	0	0	0	0	0	0	14	7
13	12	0	18	0	3	0	0	0	0	0	3	4
14	17	0	1	2	13	0	0	0	0	0	30	43
15	54	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	17
16	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	53
17	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	13
18	17	0	0	35	0	0	0	0	0	0	13	67
19	21	0	0	10	0	0	0	0	0	0	39	47
20	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	16
21	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	6
22	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0	0	26
23	0	0	5	8	0	0	0	0	0	0	3	0
24	1	0	1	27	0	0	0	0	0	0	42	0
25	56	0	18	12	0	0	0	0	0	0	43	0
26	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	43	0
27	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	26	0
28	0	0	20	3	0	0	0	0	0	0	0	0
29	3		3	0	0	0	0	0	0	0	17	0
30	28		28	0	0	0	0	0	0	0	37	0
31	0		30		0		0	0		0		46

2016

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mat	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	0	6	42	34	4	0	6	0	0	7	3	14
2	0	0	0	42	0	0	0	0	0	7	3	13
3	0	0	0	62	0	0	3	0	0	0	52	20
4	46	2	25	0	1	0	0	0	14	60	12	8
5	27	95	0	39	0	0	12	3	0	3	4	18
6	7	19	0	2	2	45	0	0	0	0	3	7
7	57	0	0	0	5	0	0	2	0	7	52	0
8	27	13	0	0	0	0	0	0	0	24	0	19
9	17	3	0	2	17	42	0	17	42	3	8	3
10	0	6	9	10	20	0	0	0	2	37	18	0
11	3	9	1	22	0	0	84	0	0	18	12	5
12	37	0	15	10	13	0	4	3	0	15	35	32
13	3	6	22	3	5	0	3	32	0	0	0	0
14	3	0	5	42	47	15	0	0	7	3	0	7
15	13	6	3	0	0	7	0	0	10	31	8	0
16	0	25	33	79	0	3	64	2	6	15	16	7
17	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	35	1
18	7	0	2	0	0	62	5	0	22	0	25	2
19	3	0	3	7	0	0	0	0	0	0	0	0
20	12	5	57	0	16	0	0	0	35	8	7	0
21	7	20	0	3	0	32	0	0	0	-	42	0
22	42	0	0	0	0	0	0	0	2	-	58	0
23	0	0	0	0	0	0	4	0	0	-	16	0
24	32	0	67	14	0	0	0	0	32	-	33	0
25	3	0	43	3	0	0	16	0	3	-	83	0
26	0	10	13	0	2	0	5	17	32	-	3	0
27	7	5	0	30	0	80	1	7	0	-	19	0
28	0	10	3	40	0	0	0	3	0	-	6	0
29	0	3	37	10	0	14	0	16	7	-	45	0
30	3		2	14	0	0	16	7	0	-	22	0
31	55		3		0		3	31		-		0

2017

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mat	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	0	0	3	0	0	4	0	0	0	5	1	20
2	3	0	7	0	0	0	0	0	0	9	0	17
3	4	7	9	4	0	0	0	0	0	11	15	45
4	0	11	18	3	0	35	0	0	0	0	8	15
5	17	15	13	9	10	0	0	0	0	2	7	0
6	16	27	2	11	3	0	0	0	0	1	4	0
7	52	23	0	2	0	5	0	0	0	17	12	5
8	0	25	0	17	11	12	0	0	0	12	17	10
9	2	0	0	0	6	0	0	0	0	0	3	19
10	3	0	40	0	5	0	0	0	0	0	0	8
11	5	0	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	29	7	23	21	0	0	0	0	0	6	2	3
13	21	3	27	25	2	40	0	0	0	7	8	5
14	23	40	2	7	18	0	0	0	0	18	6	21
15	0	27	0	3	10	0	0	0	0	13	11	9
16	36	4	0	0	0	7	0	0	0	2	20	0
17	37	2	2	0	0	0	0	0	0	5	20	4
18	37	35	9	5	8	0	0	0	0	7	7	9
19	33	0	11	9	0	0	0	0	0	0	2	11
20	0	0	25	4	0	8	0	0	0	2	5	0
21	27	0	27	2	15	5	0	0	0	0	1	0
22	28	4	50	18	0	7	0	0	0	0	0	15
23	19	5	2	14	0	0	0	0	0	7	0	10
24	15	7	45	0	0	0	0	0	2	11	0	17
25	5	15	0	0	5	0	0	0	10	17	14	4
26	3	0	0	2	2	0	0	0	35	0	17	5
27	9	2	0	9	40	0	0	0	0	0	29	9
28	0	0	8	7	0	0	0	0	0	0	2	0
29	0		11	0	0	0	0	0	0	0	10	8
30	7		9	0	2	0	0	0	0	9	8	0
31	15		0		0		0	0		5		0

2018

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mat	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	8	0	13	7	0	0	0	0	0	0	4	2
2	11	7	1	4	0	0	0	0	0	0	11	0
3	5	10	0	0	0	0	0	0	0	0	13	4
4	10	12	35	0	0	0	0	0	0	0	0	2
5	18	4	21	39	5	0	0	0	0	11	0	0
6	0	0	7	20	0	0	0	0	0	0	7	0
7	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8
8	29	9	0	0	0	0	0	0	0	7	5	12
9	5	7	0	35	0	0	0	0	0	5	17	15
10	7	15	0	21	0	0	0	0	0	3	10	80
11	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	9	14
12	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	14	0
13	2	0	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0
14	3	21	17	2	0	0	0	0	0	0	0	3
15	8	42	0	2	0	0	0	0	0	2	0	18
16	25	15	0	0	0	0	0	0	0	15	8	52
17	30	0	45	0	0	0	0	0	0	9	5	30
18	4	2	20	0	18	0	0	0	0	0	0	16
19	0	3	0	0	7	0	0	0	0	12	0	0
20	0	0	1	0	10	8	0	0	0	5	21	3
21	70	5	2	0	0	20	0	0	0	2	2	2
22	0	21	15	0	5	0	0	0	0	7	18	0
23	0	35	0	0	14	15	0	0	0	10	8	25
24	0	0	0	0	0	17	0	0	0	17	12	2
25	0	0	11	0	0	21	0	0	0	0	0	15
26	6	10	0	0	4	7	0	0	0	0	0	0
27	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	13
28	11	8	0	0	0	0	0	0	0	2	5	0
29	0		0	0	0	0	0	0	0	11	0	0
30	0		1	0	0	0	0	0	0	4	0	0
31	5		2		0		0	0		8		0

2019

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	25	3	0	0	0	0	0	0	0	0	51	1
2	3	4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	3
3	14	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0
4	16	0	0	2	17	0	0	0	0	0	0	0
5	17	10	31	0	5	0	0	0	0	0	0	8
6	14	12	0	0	22	0	0	0	0	0	0	5
7	11	6	12	0	40	0	0	0	0	0	0	9
8	10	15	0	0	15	0	0	0	0	0	0	2
9	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	2	5	6	0	0	0	0	0	0	3	5
11	5	17	12	0	0	0	0	0	0	0	0	3
12	8	21	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	21	12	35	10	0	0	0	0	0	0	0	20
14	7	11	22	8	0	0	0	0	0	0	1	16
15	5	27	45	15	0	0	0	0	0	0	0	15
16	19	0	16	0	0	0	0	0	0	0	2	2
17	0	3	12	0	0	0	0	0	0	0	0	4
18	0	9	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	5	6	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
20	14	10	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1
21	17	0	20	0	7	0	0	0	0	0	0	2
22	3	0	5	0	0	0	0	0	0	0	15	3
23	0	2	7	0	0	0	0	0	0	0	20	0
24	0	5	8	0	0	0	0	0	0	0	4	0
25	12	9	4	0	0	0	0	0	0	0	8	0
26	9	18	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
27	6	23	12	0	2	0	0	0	0	0	7	0
28	0	21	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
29	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
30	0		14	0	0	0	0	0	0	0	17	-
31	0		20		0		0	0		0		-

2020

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
1	10	12	15	4	0	-	-	-	-	-	-	-
2	2	10	0	11	0	-	-	-	-	-	-	-
3	0	7	8	42	0	-	-	-	-	-	-	-
4	0	3	20	47	0	-	-	-	-	-	-	-
5	17	0	12	18	21	-	-	-	-	-	-	-
6	8	5	5	3	23	-	-	-	-	-	-	-
7	13	8	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-
8	10	2	0	0	19	-	-	-	-	-	-	-
9	12	16	5	2	2	-	-	-	-	-	-	-
10	27	14	0	20	0	-	-	-	-	-	-	-
11	13	15	8	0	0	-	-	-	-	-	-	-
12	0	18	5	0	0	-	-	-	-	-	-	-
13	0	11	2	0	0	-	-	-	-	-	-	-
14	0	17	5	0	23	-	-	-	-	-	-	-
15	7	15	6	0	0	-	-	-	-	-	-	-
16	0	10	13	3	38	-	-	-	-	-	-	-
17	0	13	11	21	3	-	-	-	-	-	-	-
18	0	11	14	0	13	-	-	-	-	-	-	-
19	5	12	12	0	7	-	-	-	-	-	-	-
20	0	9	8	12	0	-	-	-	-	-	-	-
21	9	0	8	0	0	-	-	-	-	-	-	-
22	20	0	15	52	0	-	-	-	-	-	-	-
23	20	10	25	12	0	-	-	-	-	-	-	-
24	10	15	28	2	0	-	-	-	-	-	-	-
25	7	9	0	15	0	-	-	-	-	-	-	-
26	0	10	0	12	0	-	-	-	-	-	-	-
27	0	9	6	22	22	-	-	-	-	-	-	-
28	5	13	11	11	0	-	-	-	-	-	-	-
29	0	12	13	0	0	-	-	-	-	-	-	-
30	80		29	0	36	-	-	-	-	-	-	-
31	0		37		27		-	-		-		-

2021

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mat	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	50	2	0	0	10	13	0	1	0	0	0	0
2	4	2	0	0	0	0	0	1	0	0	42	0
3	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	9
4	14	4	0	10	0	0	0	16	0	0	13	19
5	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	18	64
6	40	0	12	15	0	0	0	0	0	0	22	0
7	0	5	32	0	4	0	0	0	30	3	0	0
8	61	8	72	4	0	0	0	0	2	0	0	7
9	52	14	3	7	0	0	6	0	0	0	6	12
10	1	12	0	108	0	2	20	0	0	0	9	3
11	19	0	73	21	0	41	0	0	0	0	3	29
12	89	83	0	4	0	0	0	6	9	0	9	53
13	44	22	0	7	0	0	0	20	8	1	41	0
14	0	2	4	57	0	2	0	0	3	2	38	9
15	0	2	0	0	0	8	0	0	6	1	0	3
16	1	13	6	0	0	1	0	0	0	0	24	22
17	2	3	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0
18	28	52	19	0	0	0	0	0	0	15	15	9
19	0	0	0	0	0	6	0	0	4	0	52	3
20	1	0	11	0	0	0	1	0	0	0	5	9
21	12	0	0	0	0	42	0	2	17	77	17	7
22	20	0	0	0	0	3	0	0	40	0	132	5
23	25	29	3	0	0	3	3	0	29	0	0	0
24	0	0	3	0	8	0	0	0	13	0	0	8
25	2	11	2	0	0	0	0	0	1	0	0	3
26	23	0	0	0	0	118	0	0	6	28	6	2
27	61	47	2	0	26	2	0	0	0	48	23	16
28	2	0	29	0	24	6	0	1	0	0	6	25
29	0		39	5	0	18	0	0	0	6	0	1
30	0		13	0	0	35	1	6	5	35	5	2
31	7		3		0		1	0		7		3

2022

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mat	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	35	3	0	3	0	10	0	0	3	3	4	11
2	0	89	5	0	0	14	0	0	0	5	0	6
3	0	4	0	5	0	7	0	4	0	8	0	0
4	20	2	3	20	14	9	2	2	0	26	15	5
5	0	12	16	7	43	13	0	0	0	16	21	7
6	9	65	21	0	0	18	8	0	0	21	82	0
7	3	71	46	15	8	18	4	0	0	45	25	7
8	0	6	33	3	5	0	0	0	25	5	15	5
9	10	5	17	13	13	0	11	0	0	0	8	8
10	6	34	36	20	10	0	4	0	6	42	32	35
11	45	12	20	5	37	6	0	4	9	0	4	5
12	44	18	20	17	78	0	0	6	0	25	0	3
13	29	37	5	0	74	7	2	2	7	21	43	0
14	5	1	9	22	9	25	0	21	0	13	6	9
15	0	3	6	0	17	23	0	4	5	3	0	28
16	3	10	24	0	35	8	5	11	3	40	9	8
17	2	50	9	0	42	6	0	5	2	0	0	12
18	3	116	8	18	37	5	0	0	0	15	0	6
19	90	57	18	0	43	25	0	0	0	75	0	11
20	113	0	22	22	53	0	0	2	0	10	0	5
21	31	0	6	26	21	0	0	5	4	10	21	0
22	1	24	42	17	11	5	0	3	7	0	5	10
23	1	0	0	0	25	0	4	0	4	27	13	6
24	5	3	3	5	23	23	9	0	0	15	3	5
25	0	19	0	71	11	9	0	0	8	11	0	0
26	25	25	0	24	8	4	0	0	0	18	25	5
27	28	12	32	0	74	43	0	8	0	8	11	8
28	9	10	6	0	0	37	0	5	0	9	9	9
29	0		0	0	5	0	0	2	0	5	35	9
30	0		0	0	0	0	0	0	0	0	10	12
31	0		2		0		0	0		0		64

2023

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mat	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	0	28	53	0	27	0	0	0	0	0	0	52
2	0	0	18	0	8	0	0	0	0	15	0	108
3	52	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0
4	12	2	2	0	7	0	0	0	0	0	0	17
5	85	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	2	2	13	0	0	0	5	0
7	25	2	0	0	65	0	5	0	0	7	2	0
8	0	3	1	0	0	0	3	0	0	9	0	6
9	43	0	12	0	0	0	23	0	1	0	0	0
10	3	0	0	4	7	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
12	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	28	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	52	0
15	15	0	12	5	0	0	0	0	0	0	63	0
16	13	17	27	0	0	4	0	0	0	0	0	0
17	8	10	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	9	0	0	58	0	0	0	0	0	0
19	16	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	25	5	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0
21	0	22	10	2	0	0	0	0	0	0	3	0
22	26	22	13	2	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	9	16	0	0	0	0	3	0	5	5
25	2	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	16	0	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	7	21	60	0	14	0	1	0	0	0	0
28	2	17	1	40	0	33	0	0	0	0	10	10
29	0		14	22	0	3	0	0	0	0	0	0
30	0		11	9	0	0	0	0	0	15	32	34
31	24		12		0		0	0		0		0

2024

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mat	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	17	5	66	6	0	6	0	0	0	0	3	82
2	0	0	14	4	0	0	3	0	0	0	0	5
3	21	1	15	28	0	0	5	0	0	1	1	1
4	39	109	2	0	0	0	12	0	0	0	59	3
5	2	12	5	0	0	0	16	0	6	50	22	29
6	66	12	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	2	0	0	0	0	20	0	0	0	0	12	14
8	20	5	9	13	0	4	0	0	46	2	1	37
9	4	0	23	0	0	2	0	0	1	0	38	4
10	24	4	0	21	0	0	2	0	12	0	2	6
11	1	9	0	20	125	20	0	0	0	0	9	2
12	0	2	0	5	0	39	0	0	0	2	1	12
13	0	2	0	0	7	0	0	0	0	0	7	1
14	0	41	10	86	0	0	0	0	0	0	56	0
15	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	1	45
16	0	48	0	0	0	0	0	0	0	0	17	17
17	0	2	9	5	0	8	0	0	0	0	59	22
18	32	0	0	10	0	1	0	0	0	0	13	12
19	11	21	0	8	0	0	0	0	0	0	12	0
20	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	28	78
21	0	0	0	9	0	0	0	0	0	4	12	3
22	2	0	10	0	0	0	0	0	0	2	26	7
23	22	2	0	88	0	0	0	0	0	0	7	43
24	22	15	0	0	23	2	0	0	17	0	30	3
25	0	72	55	58	1	1	0	0	37	12	36	144
26	3	0	52	62	0	0	0	0	4	9	1	0
27	6	0	0	47	0	0	0	0	0	9	5	0
28	54	21	30	0	0	17	0	0	0	0	83	0
29	6	14	0	0	0	5	0	0	10	0	10	0
30	45		0	0	0	2	0	0	16	66	4	5
31	36		0		0		0	0		17		21

Curah Hujan Stasiun Singomerto 2015 – 2024

2015

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mat	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	10	40	34	56	77	22	0	0	0	0	1	12
2	15	0	2	13	0	0	0	0	0	0	0	25
3	25	0	94	10	10	1	0	0	0	0	0	15
4	27	12	0	3	8	0	0	0	0	0	44	5
5	5	5	0	23	21	0	0	0	0	0	1	88
6	2	9	17	61	0	0	0	0	0	0	2	10
7	9	5	7	26	0	0	0	0	0	0	59	9
8	11	1	0	0	0	9	0	0	0	0	37	49
9	0	103	5	0	0	0	0	0	0	0	7	0
10	0	3	0	4	0	0	0	0	0	0	12	17
11	3	28	15	11	3	0	0	0	0	0	14	0
12	7	12	32	5	5	0	0	0	0	0	26	50
13	8	6	19	29	16	0	3	0	0	0	20	20
14	15	0	19	44	0	0	0	4	0	0	15	10
15	21	36	0	20	0	0	0	0	0	0	15	46
16	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
17	0	12	0	33	0	0	0	0	0	0	0	4
18	12	0	0	54	0	0	0	0	0	0	0	40
19	5	22	32	0	0	0	0	0	0	0	0	7
20	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0	23	0
21	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	12	3
22	0	3	34	45	0	0	0	0	0	0	4	11
23	0	0	32	39	0	0	0	0	0	0	0	0
24	2	6	4	32	0	0	0	0	0	0	1	3
25	6	0	2	1	72	0	0	0	0	0	43	0
26	4	2	3	16	0	0	0	0	0	0	49	0
27	2	0	29	36	0	0	0	0	0	0	0	0
28	5	13	25	2	0	0	0	0	0	0	26	2
29	0		0	3	0	0	0	0	0	0	4	0
30	0		85	18	0	0	0	0	0	0	5	0
31	0		0		3		0	0	0	0		0

2016

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mat	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	1	10	0	1	0	0	0	0	0	37	1	25
2	0	19	0	8	28	1	26	0	0	44	18	2
3	0	1	20	11	0	0	1	0	0	0	10	70
4	1	0	14	5	16	0	4	0	3	10	46	19
5	15	102	15	5	13	0	0	0	0	4	0	7
6	0	6	24	8	0	75	0	0	43	20	0	48
7	0	12	2	0	92	52	0	3	0	78	43	4
8	10	12	38	8	5	5	0	31	9	37	19	44
9	24	20	3	8	9	3	0	4	5	7	68	3
10	31	5	11	4	8	0	3	0	1	11	10	0
11	27	5	4	0	48	39	65	0	0	3	8	14
12	9	1	64	20	37	0	32	12	2	2	59	33
13	29	1	0	100	2	39	0	3	0	24	44	0
14	28	0	19	17	18	8	5	0	19	13	75	11
15	2	2	0	3	15	0	27	0	110	14	28	9
16	0	0	0	19	4	3	7	115	3	0	0	38
17	0	25	57	27	20	7	0	1	2	0	4	8
18	11	0	59	0	0	90	1	0	0	8	4	7
19	22	0	26	3	0	0	27	0	2	24	6	36
20	30	0	0	13	95	0	0	0	62	0	8	2
21	33	0	12	0	45	0	4	0	6	0	6	0
22	0	14	63	2	8	28	10	0	47	20	70	0
23	0	7	22	22	2	0	57	0	26	20	7	0
24	0	35	39	24	1	0	0	0	15	24	21	0
25	1	2	22	1	3	0	0	0	13	35	28	0
26	14	12	7	22	35	0	14	0	8	40	36	32
27	5	22	40	22	2	81	1	20	80	13	30	0
28	27	44	66	3	0	0	2	3	1	27	9	3
29	0	15	13	24	5	19	0	49	0	8	4	102
30	2		12	3	1	0	0	14	0	7	6	10
31	3		19		7		0	31		-		-

2017

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mat	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	19	77	89	56	0	19	0	0	0	0	0	0
2	17	17	17	6	0	5	0	0	0	0	0	0
3	39	47	4	53	14	0	0	0	4	4	0	0
4	5	1	18	10	30	0	0	0	3	56	48	0
5	0	0	8	0	0	0	0	0	1	0	18	0
6	0	1	58	44	5	19	0	0	0	0	35	46
7	25	3	3	11	3	0	0	0	0	38	0	0
8	7	8	0	0	7	0	0	0	0	5	8	52
9	0	1	3	0	1	12	0	0	4	39	23	13
10	2	2	0	1	0	0	0	0	0	5	5	0
11	2	0	27	16	0	1	0	0	0	14	9	5
12	11	18	16	9	0	10	0	0	0	7	10	2
13	8	50	10	0	0	0	0	0	0	0	11	40
14	59	65	35	0	0	2	0	0	0	3	27	0
15	6	8	5	0	0	8	0	0	0	4	0	4
16	39	17	20	0	0	1	0	0	0	13	53	5
17	34	0	10	0	0	0	0	0	0	0	48	20
18	52	18	66	56	0	0	5	0	0	0	3	46
19	23	0	3	15	0	0	0	0	0	0	17	9
20	4	96	13	4	0	0	0	0	0	0	19	13
21	6	8	7	19	0	0	0	0	0	0	1	39
22	10	16	0	36	0	1	7	0	0	0	17	0
23	0	1	0	16	0	3	0	0	4	0	6	0
24	0	30	1	0	0	0	0	0	30	0	5	0
25	11	17	13	0	0	0	0	0	10	18	0	0
26	0	6	0	0	0	22	0	0	44	2	11	3
27	80	23	7	64	0	11	0	0	7	26	4	50
28	32	0	0	25	94	0	0	0	59	0	4	0
29	32		0	1	2	0	0	0	45	42	13	17
30	10		0	16	21	0	1	0	0	0	1	3
31	12		9		1		0	0		0		8

2018

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mat	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	8	8	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	3	4	11	0	0	0	0	0	0	7	6
3	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	39
4	97	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47
5	30	44	27	0	0	0	0	0	0	0	16	3
6	4	27	0	2	17	0	0	0	0	0	8	1
7	0	5	48	8	0	0	0	0	9	0	1	19
8	34	94	15	0	0	0	0	0	0	0	5	0
9	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	82	5
10	34	0	63	18	0	0	0	0	0	0	45	3
11	48	11	3	30	0	0	0	0	0	0	33	4
12	0	0	0	32	0	0	0	0	0	0	5	5
13	2	17	0	0	0	0	0	0	0	0	9	7
14	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86	44
15	0	20	0	9	0	0	0	0	0	0	0	39
16	0	9	0	4	40	0	0	0	0	0	0	31
17	2	2	33	64	24	0	0	0	0	0	0	0
18	1	0	40	17	20	0	0	0	6	0	0	0
19	27	54	2	2	24	0	0	0	0	0	0	4
20	4	30	0	0	4	13	0	0	0	0	0	4
21	7	25	34	14	20	19	0	0	1	0	0	5
22	9	27	6	12	0	0	0	0	0	0	0	9
23	6	18	10	8	32	2	0	0	0	2	0	36
24	8	66	57	0	19	38	0	0	0	0	0	17
25	6	0	14	2	0	0	0	0	0	0	40	48
26	35	33	14	0	0	0	0	0	0	5	37	0
27	0	0	1	7	0	0	0	0	0	41	69	0
28	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49	0
29	8		0	0	0	0	0	0	0	0	59	0
30	28		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	56		0		0		0	0	0	0		0

2019

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
1	0	11	5	38	0	0	0	0	0	0	25	27
2	30	0	52	36	61	0	0	0	0	0	25	6
3	2	10	0	47	0	0	0	0	0	0	3	0
4	32	5	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	13	5	85	3	0	0	0	0	0	0	0
6	16	23	21	4	2	0	0	0	0	0	0	32
7	31	25	0	0	8	0	0	0	0	0	0	37
8	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
9	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	21
10	26	43	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
11	1	0	6	97	3	0	0	0	0	5	0	10
12	2	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
13	12	21	0	45	0	0	0	0	0	0	34	1
14	21	20	0	0	54	0	0	0	0	0	0	18
15	111	10	28	34	0	0	0	0	0	0	0	5
16	53	26	47	57	0	0	0	0	0	0	0	36
17	41	21	65	43	0	0	0	0	0	0	0	1
18	14	16	20	0	0	0	0	0	0	0	27	100
19	11	8	35	0	0	0	1	0	0	0	0	0
20	3	23	64	12	0	0	0	0	0	0	0	33
21	19	42	29	10	0	0	0	0	0	0	0	1
22	8	74	132	15	0	0	0	0	0	0	23	40
23	12	65	51	36	0	0	0	0	0	0	0	0
24	22	24	0	26	0	0	0	0	0	0	3	0
25	43	5	57	16	0	0	0	2	0	0	2	14
26	8	2	2	0	10	0	0	2	0	0	0	0
27	0	7	3	0	16	0	0	0	0	0	0	0
28	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
29	0		0	0	1	0	0	0	0	0	6	-
30	10		0	0	0	0	0	0	0	0	27	-
31	0	11	5	38	0	0	0	0	0	0	25	27

2020

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mat	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	98	16	11	19	98	-	-	-	-	-	-	-
2	13	0	0	11	13	-	-	-	-	-	-	-
3	20	26	37	13	20	-	-	-	-	-	-	-
4	5	37	25	10	5	-	-	-	-	-	-	-
5	28	23	161	5	28	-	-	-	-	-	-	-
6	11	20	11	3	11	-	-	-	-	-	-	-
7	6	18	40	0	6	-	-	-	-	-	-	-
8	47	0	18	33	47	-	-	-	-	-	-	-
9	19	8	4	-	19	-	-	-	-	-	-	-
10	30	0	16	6	30	-	-	-	-	-	-	-
11	18	3	0	0	18	-	-	-	-	-	-	-
12	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-
13	2	2	7	0	2	-	-	-	-	-	-	-
14	43	3	9	0	43	-	-	-	-	-	-	-
15	4	43	0	0	4	-	-	-	-	-	-	-
16	47	20	20	0	47	-	-	-	-	-	-	-
17	0	35	22	5	0	-	-	-	-	-	-	-
18	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-
19	0	87	8	0	0	-	-	-	-	-	-	-
20	0	3	34	0	0	-	-	-	-	-	-	-
21	3	0	2	0	3	-	-	-	-	-	-	-
22	10	0	18	2	10	-	-	-	-	-	-	-
23	5	0	71	0	5	-	-	-	-	-	-	-
24	4	21	6	7	4	-	-	-	-	-	-	-
25	5	0	0	20	5	-	-	-	-	-	-	-
26	10	7	11	6	10	-	-	-	-	-	-	-
27	0	0	19	7	0	-	-	-	-	-	-	-
28	28	47	4	0	28	-	-	-	-	-	-	-
29	3	20	38	1	3	-	-	-	-	-	-	-
30	18		24	0	18	-	-	-	-	-	-	-
31	8						-	-		-		-

2021

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
1	0	11	5	38	0	0	0	0	0	0	25	27
2	30	0	52	36	61	0	0	0	0	0	25	6
3	2	10	0	47	0	0	0	0	0	0	3	0
4	32	5	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	13	5	85	3	0	0	0	0	0	0	0
6	16	23	21	4	2	0	0	0	0	0	0	32
7	31	25	0	0	8	0	0	0	0	0	0	37
8	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
9	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	21
10	26	43	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
11	1	0	6	97	3	0	0	0	0	5	0	10
12	2	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
13	12	21	0	45	0	0	0	0	0	0	34	1
14	21	20	0	0	54	0	0	0	0	0	0	18
15	111	10	28	34	0	0	0	0	0	0	0	5
16	53	26	47	57	0	0	0	0	0	0	0	36
17	41	21	65	43	0	0	0	0	0	0	0	1
18	14	16	20	0	0	0	0	0	0	0	27	100
19	11	8	35	0	0	0	1	0	0	0	0	0
20	3	23	64	12	0	0	0	0	0	0	0	33
21	19	42	29	10	0	0	0	0	0	0	0	1
22	8	74	132	15	0	0	0	0	0	0	23	40
23	12	65	51	36	0	0	0	0	0	0	0	0
24	22	24	0	26	0	0	0	0	0	0	3	0
25	43	5	57	16	0	0	0	2	0	0	2	14
26	8	2	2	0	10	0	0	2	0	0	0	0
27	0	7	3	0	16	0	0	0	0	0	0	0
28	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
29	0		0	0	1	0	0	0	0	0	6	-
30	10		0	0	0	0	0	0	0	0	27	-
31	0	11	5	38	0	0	0	0	0	0	25	27

2022

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
1	0	3	6	43	0	0	0	0	6	0	0	34
2	10	53	0	9	7	0	0	0	0	0	2	72
3	0	3	0	0	39	20	33	3	0	9	65	0
4	4	6	9	11	0	0	0	8	0	11	0	88
5	0	18	0	9	92	6	0	0	0	8	15	5
6	0	24	33	20	0	21	3	0	0	4	3	0
7	24	68	18	30	0	78	0	0	0	26	14	0
8	0	1	8	8	28	0	0	0	3	0	2	0
9	3	10	14	7	0	0	0	0	2	29	2	7
10	0	16	52	4	28	4	0	0	0	22	5	5
11	12	56	7	9	17	2	0	0	0	0	18	0
12	42	89	9	3	10	88	0	3	24	43	10	2
13	44	37	25	3	76	6	12	0	0	13	0	0
14	7	1	7	0	0	0	7	43	32	52	0	0
15	47	0	31	4	23	36	51	0	5	3	1	0
16	23	8	15	0	47	0	40	9	0	29	8	31
17	33	61	3	0	37	24	5	16	4	3	0	3
18	83	15	0	0	0	10	0	0	0	64	15	0
19	36	19	34	0	15	0	0	0	0	38	12	67
20	102	0	3	63	136	0	0	0	0	14	0	4
21	12	0	4	7	3	2	0	2	0	0	3	10
22	16	37	0	6	1	0	0	4	0	31	4	10
23	0	0	0	0	3	20	0	1	10	1	1	75
24	4	10	15	0	0	14	2	0	25	31	0	2
25	0	41	0	0	0	0	16	0	1	0	60	16
26	56	19	0	15	0	0	56	0	0	77	12	13
27	19	19	0	1	33	58	0	0	1	5	18	55
28	0	3	2	1	0	15	0	0	0	0	0	0
29	0		0	0	0	0	0	6	0	0	16	37
30	0		0	0	0	0	0	5	0	0	2	0
31	0		3		3		0	0		0		80

2023

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mat	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	0	103	36	3	0	0	0	0	0	25	25	76
2	0	92	43	0	26	0	0	0	0	0	0	18
3	0	0	33	0	8	0	0	0	0	0	0	0
4	44	0	10	4	15	0	0	0	0	0	0	108
5	84	3	0	0	9	0	0	0	0	0	0	7
6	21	0	13	0	15	0	0	0	0	0	12	2
7	17	2	0	0	0	0	49	0	0	0	0	0
8	10	3	0	0	16	0	32	0	0	0	0	0
9	3	22	53	0	0	0	15	0	0	0	0	0
10	12	21	62	4	0	0	30	0	0	0	0	0
11	10	38	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	10	0
13	0	3	0	63	0	1	0	0	0	0	17	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	45	0
16	12	2	0	1	0	0	0	0	0	0	45	0
17	7	4	0	0	0	14	0	0	0	0	13	0
18	45	18	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	1	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0
20	35	12	0	0	0	37	0	0	0	0	0	0
21	12	21	113	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	32	10	20	0	0	0	0	0	0	0	3	0
23	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	20	0
24	0	47	2	16	0	0	0	0	0	0	24	0
25	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	5	0	67	16	0	0	0	0	0	3	0	0
27	10	4	70	37	0	0	0	0	0	0	0	0
28	28	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0		5	45	0	0	0	0	0	0	0	23
30	8		5	0	0	17	0	0	0	0	107	0
31	2		9		0		0	0		0		95

2024

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mat	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	0	27	62	14	0	41	1	0	0	25	25	76
2	0	0	32	5	0	1	0	0	0	0	0	18
3	0	6	55	90	0	0	1	0	0	0	0	0
4	44	67	21	31	0	0	12	0	0	0	0	108
5	84	52	29	0	0	0	0	0	0	0	0	7
6	21	113	89	0	0	0	0	0	0	0	12	2
7	17	0	1	0	0	11	0	0	0	0	0	0
8	10	58	22	1	0	0	0	0	0	0	0	0
9	3	26	26	0	0	10	0	0	0	0	0	0
10	12	9	0	65	0	22	0	0	0	0	0	0
11	10	21	0	12	45	16	0	0	0	0	0	0
12	0	10	0	17	0	0	0	0	0	0	10	0
13	0	1	0	6	0	0	0	0	0	0	17	0
14	0	3	14	26	0	26	0	0	0	0	0	0
15	0	26	1	2	0	0	0	0	0	0	45	0
16	12	87	2	6	0	26	0	0	0	0	45	0
17	7	1	10	0	0	2	0	0	0	0	13	0
18	45	0	0	12	0	0	1	0	0	0	0	0
19	1	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	35	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
21	12	46	20	2	0	0	0	0	0	0	0	0
22	32	0	51	17	0	0	0	0	0	0	3	0
23	0	2	2	18	0	0	0	0	0	0	20	0
24	0	36	0	1	58	0	0	0	0	0	24	0
25	0	38	5	3	0	1	0	0	0	0	0	0
26	5	1	41	16	0	1	0	0	0	3	0	0
27	10	0	1	89	0	0	0	0	0	0	0	0
28	28	0	51	0	0	46	0	0	0	0	0	0
29	0	5	8	0	0	56	0	0	0	0	0	23
30	8		0	0	0	1	0	0	0	0	107	0
31	2		0		0		0	0		0		95