



THESIS - RC14-2501

PREDIKSI HIDROGRAF ALIRAN SUNGAI REJOSO KABUPATEN PASURUAN AKIBAT PERUBAHAN TATA GUNA LAHAN DAN CURAH HUJAN

JULIAN KHODIR MUJIBADI
NRP. 0311 18 5 005 0004

Dosen Pembimbing :
Dr. tech Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.

PROGRAM MAGISTER
MANAJEMEN DAN REKAYASA SUMBER DAYA AIR
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020



THESIS - RC14-2501

PREDIKSI HIDROGRAF ALIRAN SUNGAI REJOSO KABUPATEN PASURUAN AKIBAT PERUBAHAN TATA GUNA LAHAN DAN CURAH HUJAN

JULIAN KHODIR MUJIBADI
NRP. 0311 18 5 005 0004

Dosen Pembimbing :
Dr. tech Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.

PROGRAM MAGISTER
MANAJEMEN DAN REKAYASA SUMBER DAYA AIR
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020



THESIS - RC14-2501

HYDROGRAPH PREDICTION OF REJOSO WATERSHED PASURUAN DISTRICT IMPACT OF LAND USE AND RAINFALL CHANGES

**JULIAN KHODIR MUJIBADI
NRP. 0311 18 5 005 0004**

Supervisor :
Dr. tech Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.

**MAGISTER PROGRAM
MANAGEMENT AND WATER RESOURCES ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL, PLANNING AND GEO ENGINEERING
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2020**

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Telah disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Teknik (MT)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh

JULIAN KHOIDIR MUJIBADI

NRP 03111850050004

Tanggal Ujian : 05 Agustus 2020

Periode Wisuda : September 2020

Disetujui oleh:

Pembimbing :

1. Dr. tech. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
NIP. 19721202 199802 1 001



Pengaji :

1. Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc.
NIP. 19610927 198701 1 001
2. Dr. A. A. Ng. Satria Damar Negara, S.T., M.T.
NIP. 198820191 1075



Dr. tech. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
NIP. 19721202 199802 1 001

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TESIS/DISERTASI

Saya, yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Julian Khoidir Mujibadi

Program Studi : Teknik Sipil – Manajemen Rekayasa Sumber Daya Air

NRP. : 03111850050004

Dengan ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan tesis/disertasi saya dengan judul :

Prediksi Hidrograf Aliran Sungai Rejoso Kabupaten Pasuruan Akibat Perubahan Tata Guna Lahan Dan Curah Hujan.

adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 17 Agustus 2020

Yang Membuat Pernyataan,



Julian Khoidir Mujibadi

NRP. 03111850050004

PREDIKSI HIDROGRAF ALIRAN SUNGAI REJOSO KABUPATEN PASURUAN AKIBAT PERUBAHAN TATA GUNA LAHAN DAN CURAH HUJAN

Nama Mahasiswa : Julian Khoidir Mujibadi
NRP : 03111850050004
Dosen Pembimbing : Dr. tech. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.

ABSTRAK

Salah satu untuk menyelesaikan masalah-masalah pada DAS Rejoso adalah pengelolaan DAS. Oleh karena itu, untuk mencapai kegiatan pengelolaan DAS diperlukan sebuah kajian tentang sampai sejauh mana dampak yang ditimbulkan akibat perubahan tata guna lahan terhadap debit limpasan pada DAS Rejoso. Tujuan utama yang ingin dicapai adalah mengetahui perubahan tata guna lahan yang terjadi terhadap debit limpasan.

Simulasi perubahan iklim (Curah Hujan) serta tata guna lahan dengan menggunakan HEC-HMS (*Hydrology Engineering Center-Hydrologic Modeling System*) dilakukan untuk mengetahui respon hidrograf aliran DAS. Penutupan lahan yang digunakan dalam analisis ini terdiri dari penutupan lahan sesuai Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW) Kabupaten Pasuruan yang diterbitkan oleh Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) Kabupaten Pasuruan. Curah hujan masa depan diproyeksi dengan menggunakan model CSIRO dengan skenario RCP 4.5 yang di downscaling menggunakan metode *bias correction*. Data curah hujan proyeksi yang telah terkoreksi diunduh dari website *ccafs-climate.org* yang dikelola oleh *Climate Change, Agriculture, and Food Security Organization*.

Hasil pemodelan *HEC-HMS*, perubahan terbesar volume debit yang terjadi terhadap kondisi baseline yaitu pada skenario 2 mengalami peningkatan volume debit sebesar 5,8% atau $53.381,6 \text{ m}^3$. Perubahan volume debit terendah yaitu pada skenario 3 dengan perubahan volume debit yang terjadi terhadap kondisi baseline sebesar 3,2% atau $29.615,9 \text{ m}^3$. Apabila kondisi hidrologi DAS Rejoso masih tetap sama, maka apabila terjadi peningkatan volume curah hujan pada masa yang akan datang maka respon hidrologi yang terjadi yaitu peningkatan volume limpasan yang menyebabkan resiko banjir dan jika mengalami penurunan volume maka akan beresiko kekurangan air.

Kata kunci : Curah Hujan, Tata Guna Lahan, DAS Rejoso, HEC-HMS.

HYDROGRAPH PREDICTION OF REJOSO WATERSHED PASURUAN DISTRICT IMPACT OF LAND USE AND RAINFALL CHANGES

By : Julian Khoidir Mujibadi
Student Identity Number : 03111850050004
Supervisor : Dr. tech. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.

ABSTRACT

One way to solve the problems in the Rejoso watershed is watershed management. Therefore, to achieve watershed management activities, a study is needed on the extent of the impact caused by changes in land use on runoff discharge in the Rejoso watershed. The main objective to be achieved is to know the land use changes that occur with runoff discharge.

Simulations of climate change (Rainfall) and land use using HEC-HMS (Hydrology Engineering Center-Hydrologic Modeling System) are carried out to determine the hydrographic response of watershed flow. Land cover used in this analysis consists of land cover according to the Pasuruan Regency Spatial Planning (RTRW) published by the Pasuruan Regency Regional Development Planning Agency (BAPPEDA). Future rainfall is projected using the CSIRO model with the RCP 4.5 scenario downscalled using the bias correction method. The corrected rainfall projection data is downloaded from the ccafs-climate.org website managed by Climate Change, Agriculture, and Food Security Organization.

The results of the HEC-HMS modeling show that the largest change in discharge volume that occurs in the baseline conditions in scenario 2 has an increase in discharge volume by 5.8% or $53,381.6 \text{ m}^3$. The lowest change in discharge volume that occurs in scenario 3 with changes in the volume of discharge to baseline conditions is 3.2% or $29,615.9 \text{ m}^3$. If the hydrological conditions of the Rejoso watershed remain the same, then the period of increasing rainfall volume in the future will result in an increase in the volume of runoff which causes the risk of flooding and if the volume decreases, there is a risk of water shortage.

Keywords: Rainfall, Land Use, Rejoso Watershed, HEC-HMS.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayahnya kepada kami sehingga dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir Terapan dengan judul "**Prediksi Hidrograf Aliran Sungai Rejoso Kabupaten Pasuruan Akibat Perubahan Tata Guna Lahan dan Curah Hujan**". Thesis ini merupakan salah satu syarat kelulusan bagi seluruh mahasiswa dalam menempuh pendidikan pada program pascasarjana S2 Teknik Sipil FTSPK ITS.

Kami ucapkan terimakasih atas bimbingan, arahan, serta bantuan dari :

1. Bapak Ir. I Putu Artama Wiguna, M.T. Ph.D. selaku Ketua Program Studi Pascasarjana Teknik Sipil FTSPK ITS,
2. Bapak Dr. tech. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing I Thesis,
3. Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc. selaku dosen wali,
4. Kedua orang tua kami yang selalu memberikan motivasi dan doa,
5. Rekan – rekan S2 Manajemen Rekayasa Sumber Daya Air dan Hidroinformatika Teknik Sipil FTSPK ITS serta semua pihak yang membantu dalam meyelesaikan Thesis ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Kami menyadari bahwa dalam penulisan Thesis ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, kami mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun demi terciptanya hasil yang lebih baik.

Surabaya, 17 Agustus 2020



Julian Khoidir M

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sistem Hidrologi DAS.....	5
2.2 Hujan	5
2.2.1. Curah Hujan Wilayah	6
2.3 Daerah Aliran Sungai (DAS).....	9
2.4 Debit Sungai	9
2.4.1 Debit DAS Rejoso	10
2.5 Perubahan Iklim	11
2.6 Global Circulation Model (GCM)	11
2.7 Model Hidrologi HEC-HMS	15
2.7.1 Metode Perhitungan Volume Aliran (<i>volume runoff</i>)	17
2.7.2 Metode Perhitungan Aliran Langsung (<i>direct runoff</i>)	22
2.7.3 Metode Perhitungan Aliran Dasar (<i>baseflow</i>)	23
2.8 Kriteria Kalibrasi Parameter	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	25
3.1 Lokasi Penelitian	25
3.2 Prosedur Analisis Data	27
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	31
4.1. Analisa Hidrologi	31
4.1.1.Data Curah Hujan.....	31
4.1.2 Analisa Curah Hujan Wilayah.....	32
4.2. Delineation Sub Basin	35

4.3. Analisa Perubahan Tata Guna Lahan	36
4.3.1. Analisa Penggunaan Lahan	36
4.4 Analisa Jenis Tanah.....	76
4.5 Pemodelan Menggunakan HEC-HMS	78
4.5.1 Basin Model	78
4.5.2 Menentukan <i>Curve Number, Initial Abstarctions</i> dan <i>Imperviousness (Loss Model)</i>	79
4.5.3 Menentukan Nilai Time Lag (<i>Direct Runoff Model</i>).....	82
4.5.4 Menentukan Nilai Baseflow (<i>Baseflow Model</i>)	85
4.6 Hasil Pemodelan Menggunakan HEC-HMS	86
4.7 Kalibrasi Pemodelan Menggunakan HEC-HMS.....	87
4.8 Skenario Perubahan Tata Guna Lahan dan Curah Hujan.....	91
4.9 Analisa Prediksi Perubahan Tata Guna Lahan dan Curah Hujan.....	117
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	119
5.1 Kesimpulan.....	119
5.2 Saran.....	120
DAFTAR PUSTAKA	121

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Stasiun hujan di suatu DAS	6
Gambar 2. 2 Metode poligon Thiessen (Triatmodjo, 2008).....	7
Gambar 2. 3 Metode Isohiet (Triatmodjo, 2008)	8
Gambar 2.4 lokasi stasiun pengukuran (kiri) dan rata-rata debit pengukuran di stasiun Rejoso Hulu dan Rejoso Hilir (kanan)	10
Gambar 2. 5 Website General Circulate Model (GCM)	12
Gambar 2. 6 Tipikal hidrograf satuan SCS	22
Gambar 3. 1 Lokasi DAS Rejoso	25
Gambar 3. 2 Skema Kali Rejoso	26
Gambar 3. 3 Diagram Alir Penelitian.....	27
Gambar 3. 4 Skenario model perubahan dalam penelitian.....	28
Gambar 3. 5 Flow Chart Modelling HEC-HMS	29
Gambar 4. 1 Letak Automatic Water Level Recording (AWLR) di DAS Rejoso.	31
Gambar 4. 2 Nilai <i>R square</i> antara output model Bias Correction dan observasi Pada Stasiun Hujan Umbulan-Sidepan.....	32
Gambar 4. 3 Nilai R square antara output model Bias Correction dan observasi Pada Stasiun Hujan Panditan.....	32
Gambar 4. 4 Nilai R square antara output model Bias Correction dan	32
Gambar 4. 5 Polygon Thiesen	33
Gambar 4. 6 Grafik Curah Hujan Wilayah Maximum Setiap Bulan.....	34
Gambar 4. 7 Hasil Deliniation Sub DAS Rejoso pada aplikasi ArcGIS	35
Gambar 4. 8 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 1 (K. REJOSO-1).....	37
Gambar 4. 9 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 2 (K. REJOSO-2).....	38
Gambar 4. 10 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 3 (K. UMBULAN-1)	39
Gambar 4. 11 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 4 (K. GEDE-1).....	40
Gambar 4. 12 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 5 (K. UMBULAN-2)	41
Gambar 4. 13 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 6 (K. JELADRI)	42
Gambar 4. 14 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 7 (K. GEDE-2).....	43
Gambar 4. 15 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 8 (K. UMBULAN-3)	44
Gambar 4. 16 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 9 (K. KEDUNGSANGKAN)	45
Gambar 4. 17 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 10 (K. PENDOSO)	46
Gambar 4. 18 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 11 (K. GEDE-3).....	47
Gambar 4. 19 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 12 (K. UMBULAN-4)	48
Gambar 4. 20 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 13 (K. UMBULAN-5)	49
Gambar 4. 21 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 14 (K. WINONGAN)	50
Gambar 4. 22 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 15 (K. JURANGKATES-1).....	51
Gambar 4. 23 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 16 (K. KARANGJATI)	52
Gambar 4. 24 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 17 (K. PORANGAN).....	53
Gambar 4. 25 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 18 (K. GURITWESI).....	54
Gambar 4. 26 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 19 (K. KARANGPLOSO)	55

Gambar 4. 27 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 20 (K. JATIKUNCI).....	56
Gambar 4. 28 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 21 (K. JURANGKATES-2).....	57
Gambar 4. 29 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 22 (K. UMBULAN-6)	58
Gambar 4. 30 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 23 (K. UMBULAN-7)	59
Gambar 4. 31 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 24 (K. KEPORO).....	60
Gambar 4. 32 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 25 (K. SEMBAYUT).....	61
Gambar 4. 33 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 26 (K. SUMBERKLAKAH)	62
Gambar 4. 34 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 27 (K. KARANGANYAR)	63
Gambar 4. 35 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 28 (K. CURAHPAOH).....	64
Gambar 4. 36 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 29 (K. JURANG KATES-3).....	65
Gambar 4. 37 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 30 (K. JURANG KATES-4).....	66
Gambar 4. 38 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 31 (K. BULUGULING-1)	67
Gambar 4. 39 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 32 (K. CURAH CANDI)	68
Gambar 4. 40 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 33 (K. BULUGULING-2)	69
Gambar 4. 41 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 34 (K. BULUGULING-3)	70
Gambar 4. 42 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 35 (K. KUCUR).....	71
Gambar 4. 43 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 36 (K. ADIGUNA).....	72
Gambar 4. 44 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 37 (K. JUBANGAN)	73
Gambar 4. 45 Grafik Perbandingan Tata Guna Lahan DAS Rejoso tahun 2016 dan RTRW (2009-2029).	75
Gambar 4. 46 Peta Semi Detail Jenis Tanah DAS Rejoso	76
Gambar 4. 47 Skema Basin Model DAS Rejoso.....	78
Gambar 4. 48 Hidrograf Aliran K. Rejoso Hilir.....	85
Gambar 4. 49 Grafik Hasil Pemodelan Aliran DAS Rejoso pada kondisi Baseline	86
Gambar 4. 50 Grafik Hasil Kalibrasi 1 Model HEC-HMS	87
Gambar 4. 51 Grafik Hasil Kalibrasi 2 Model HEC-HMS	88
Gambar 4. 52 Grafik Hasil Kalibrasi 3 Model HEC-HMS	88
Gambar 4. 53 Hidrograf Aliran Bulan Januari	93
Gambar 4. 54 Hidrograf Aliran Bulan Februari	95
Gambar 4. 55 Hidrograf Aliran Bulan Maret	97
Gambar 4. 56 Hidrograf Aliran Bulan April	99
Gambar 4. 57 Hidrograf Aliran Bulan Mei	101
Gambar 4. 58 Hidrograf Aliran Bulan Juni	103
Gambar 4. 59 Hidrograf Aliran Bulan Juli	105
Gambar 4. 60 Hidrograf Aliran Bulan Agustus	107
Gambar 4. 61 Hidrograf Aliran Bulan September	109
Gambar 4. 62 Hidrograf Aliran Bulan Oktober	111
Gambar 4. 63 Hidrograf Aliran Bulan Nopember.....	113
Gambar 4. 64 Hidrograf Aliran Bulan Desember	115
Gambar 4. 65 Rekapitulasi Hidrograf Aliran Hasil Skenario.....	116

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komponen komputasi dan model dalam HEC-HMS	16
Tabel 2. 2 Tipe tanah dan laju kehilangan menurut model <i>SCS</i>	18
Tabel 2. 3 Nilai Curve Number untuk daerah perkotaan	19
Tabel 2. 4 Nilai Curve Number untuk daerah petanian 1	20
Tabel 2. 5 Nilai Curve Number untuk daerah pertanian 2	21
Tabel 2. 6 Nilai Parameter untuk kalibrasi HEC-HMS	24
Tabel 2. 7. Kriteria Nilai Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE)	24
Tabel 3. 1 Data sekunder yang sudah dikumpulkan yang digunakan sebagai input model.....	26
Tabel 4. 1 Perhitungan Polygon Thiesen.....	33
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Total Curah Hujan Wilayah Tiap Bulan DAS Rejoso.....	34
Tabel 4. 3 Luasan Hasil Delination Sub DAS Rejoso pada aplikasi ArcGIS	35
Tabel 4. 4. Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K Rejoso-1	37
Tabel 4. 5 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K Rejoso-2	38
Tabel 4. 6 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. UMBULAN-1	39
Tabel 4. 7 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. GEDE-1	40
Tabel 4. 8 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. UMBULAN-2	41
Tabel 4. 9 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. JELADRI	42
Tabel 4. 10 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. GEDE-2.....	43
Tabel 4. 11 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. UMBULAN-3	44
Tabel 4. 12 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. KEDUNGSANGKAN	45
Tabel 4. 13 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. PENDOSO	46
Tabel 4. 14 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. GEDE-3.....	47
Tabel 4. 15 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. UMBULAN-4	48
Tabel 4. 16 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. UMBULAN-5	49
Tabel 4. 17 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. WINONGAN	50
Tabel 4. 18 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. JURANGKATES-1.....	51
Tabel 4. 19 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. KARANGJATI	52
Tabel 4. 20 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. PORANGAN	53
Tabel 4. 21 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. GURITWESI.....	54
Tabel 4. 22 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. KARANGPLOSO	55
Tabel 4. 23 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. JATIKUNCI.....	56
Tabel 4. 24 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. JURANGKATES-2.....	57
Tabel 4. 25 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. UMBULAM-6	58
Tabel 4. 26 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. UMBULAN-7	59
Tabel 4. 27 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. KEPORO.....	60
Tabel 4. 28 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. SEMBAYUT	61
Tabel 4. 29 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. SUMBERKLAKAH	62
Tabel 4. 30 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. KARANGANYAR	63
Tabel 4. 31 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. CURAHPAOH.....	64
Tabel 4. 32 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. JURANG KATES-3.....	65
Tabel 4. 33 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. JURANG KATES-4.....	66

Tabel 4. 34 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. BULUGULING-1	67
Tabel 4. 35 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. CURAH CANDI.....	68
Tabel 4. 36 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. BULUGULING-2	69
Tabel 4. 37 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K Rejoso-1	70
Tabel 4. 38 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. KUCUR	71
Tabel 4. 39 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. ADIGUNA	72
Tabel 4. 40 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. JUBANGAN	73
Tabel 4. 41 Rekapitlasi Penggunaan Lahan Pada DAS Rejoso Tahun 2016	74
Tabel 4. 42 Rekapitlasi Penggunaan Lahan Pada DAS Rejoso Sesuai peta RTRW Kab. Pasuruan Tahun 2009-2029	74
Tabel 4. 43 Prosentase perbandingan perubahan Tata Guna Lahan DAS Rejoso.....	74
Tabel 4. 44 Perhitungan CN, Ia dan Imperviousness pada sub DAS K. Rejoso 1	79
Tabel 4. 45 Rekapitulasi perhitungam Curve Number, Initial Abstarctions dan Imperviousness tiap Sub DAS tahun 2016.....	80
Tabel 4. 46 Rekapitulasi perhitungam Curve Number, Initial Abstarctions dan Imperviousness tiap Sub DAS tahun 2029/2030.....	81
Tabel 4. 47 Perhitungan Time Lag Tiap sub DAS pada tahun 2016.....	83
Tabel 4. 48 Perhitungan Time Lag Tiap sub DAS pada tahun 2029/2030.....	84
Tabel 4. 49 Tabel Besarnya Aliran Harian (m^3/det).....	85
Tabel 4. 50 Rekapitulasi Hasil Pemodelan Aliran DAS Rejoso pada kondisi Baseline	86
Tabel 4. 51 Rekapitulasi Hasil Kalibrasi 3 Parameter Initial abstraction, Curve Number, Impervious, dan Time Lag.	89
Tabel 4. 52 Rekapitulasi Hasil Kalibrasi 3 Parameter Baseflow.....	90
Tabel 4. 53 Rekapitulasi Nilai Nash-Sutcliffe Hasil Kalibrasi.....	90
Tabel 4. 54 Perbandingan Perubahan Debit DAS Rejoso Pada Bulan Januari	92
Tabel 4. 55 Perbandingan Perubahan Debit DAS Rejoso Pada Bulan Februari	94
Tabel 4. 56 Perbandingan Perubahan Debit DAS Rejoso Pada Bulan Maret	96
Tabel 4. 57 Perbandingan Perubahan Debit DAS Rejoso Pada Bulan April	98
Tabel 4. 58 Perbandingan Perubahan Debit DAS Rejoso Pada Bulan Mei	100
Tabel 4. 59 Perbandingan Perubahan Debit DAS Rejoso Pada Bulan Juni	102
Tabel 4. 60 Perbandingan Perubahan Debit DAS Rejoso Pada Bulan Juli	104
Tabel 4. 61 Perbandingan Perubahan Debit DAS Rejoso Pada Bulan Agustus.....	106
Tabel 4. 62 Perbandingan Perubahan Debit DAS Rejoso Pada Bulan September.....	108
Tabel 4. 63 Perbandingan Perubahan Debit DAS Rejoso Pada Bulan Oktober.....	110
Tabel 4. 64 Perbandingan Perubahan Debit DAS Rejoso Pada Bulan November	112
Tabel 4. 65 Perbandingan Perubahan Debit DAS Rejoso Pada Bulan Desember.....	114
Tabel 4. 66 Perbandingan limpasan setiap skenario perubahan terhadap baseline	117
Tabel 4. 67 Peningkatan curah hujan	117

halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daerah Aliran Sungai (DAS) didefinisikan sebagai suatu hamparan wilayah/kawasan yang dibatasi oleh pembatas topografi (punggung bukit) yang menerima, mengumpulkan air hujan, sedimen dan unsur hara serta mengalirkannya melalui anak-anak sungai dan keluar pada sungai utama ke laut atau danau.

DAS di Indonesia semakin mengalami kerusakan lingkungan dari tahun ke tahun. Kerusakan lingkungan pada DAS meliputi kerusakan pada aspek biofisik atau pun kualitas air. Gejala kerusakan lingkungan DAS dapat dilihat dari penyusutan luas hutan dan kerusakan lahan terutama kawasan lindung di sekitar DAS. Hal tersebut dikarenakan jumlah penduduk yang terus meningkat menyebabkan intensitas pemanfaatan lahan dan air semakin meningkat.

DAS merupakan sumber pemenuhan kebutuhan air bagi masyarakat, sehingga keseimbangan air dalam DAS menjadi unsur penting untuk melihat keberlanjutan sumberdaya air. Tanpa adanya pengelolaan DAS yang baik maka akan berimbas pada terganggunya keseimbangan sumber daya air. Pernyataan mengenai perubahan penutupan lahan dan iklim merupakan dua faktor penting dalam menentukan keseimbangan air pada masa yang akan datang didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Kundu et al (2017). Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis respon hidrograf aliran DAS terhadap perubahan iklim dan tata guna lahan. Perubahan iklim dan tata guna lahan dapat mempengaruhi curah hujan, limpasan serta frekuensi banjir (Zhang et al 2012).

Salah satu cara menilai respon hidrologi suatu DAS terkait curah hujan dan penggunaan lahan yaitu dengan menggunakan model hidrologi. Melalui model hidrologi tersebut dapat diprediksi besarnya perubahan debit air yang akan terjadi akibat adanya perubahan dalam DAS. Selain itu, penggunaan model hidrologi dapat menghemat biaya tenaga, dan waktu dalam proses analisis pengaruh perubahan iklim dan penggunaan lahan terhadap fluktuasi debit DAS.

Salah satu untuk menyelesaikan masalah-masalah pada DAS tersebut adalah pengelolaan DAS. Oleh karena itu, untuk mencapai kegiatan pengelolaan DAS diperlukan sebuah kajian tentang sampai sejauh mana dampak yang ditimbulkan akibat perubahan tata guna lahan terhadap debit limpasan pada suatu DAS tersebut. Dan dalam studi ini akan mengkaji DAS Rejoso di Kabupaten Pasuruan.

Daerah Aliran Sungai (DAS) Rejoso merupakan salah satu dari beberapa sungai besar yang berada di Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. DAS Rejoso mempunyai luas cakupan 62.851 hektar dengan panjang sungai sekitar 35.76 km yang mengalir dari hulu Gunung Bromo dan bermuara di Pantai Utara Kabupaten Pasuruan, tepatnya di Kecamatan Rejoso. Persentase kondisi eksisting tata guna lahan di Kabupaten Pasuruan meliputi luas kawasan yang telah dibangun sebesar 55% dari luas wilayah administrasi dan luas ruang terbuka merupakan sisa dari kawasan yang telah dibangun yaitu sebesar 45% dari luas wilayah administrasi (Balai Besar Wilayah Sungai Brantas).

DAS Rejoso di Kabupaten Pasuruan di musim kemarau dimanfaatkan sebagai pemasok kebutuhan air irigasi untuk arealan. Maka, perlu dilakukan penelitian ini persawahan, disamping fungsi utamanya sebagai saluran pembuangan (afvour). Permasalahan yang sangat merisaukan masyarakat di sekitar DAS Rejoso adalah pada saat musim penghujan dimana terjadi debit yang besar, penampang sungai tidak mampu menampungnya sehingga menyebabkan banjir. Hal ini karena daya tampung penampung sungainya sendiri sudah berkurang dan adanya tanggul-tanggul yang kritis di beberapa tempat.

Permasalahan-permasalahan yang terjadi pada DAS Rejoso tersebut disebabkan oleh perubahan tata guna lahan yang tidak terencana dengan baik (Balai Besar Wilayah Sungai Brantas). Menurut penelitian terdahulu, Berkurangnya area hutan dan agroforestri dan meningkatnya area hortikultura, persawahan, kayu putih tebu dan tanaman semusim di DAS Rejoso tahun 1990-2015 menyebabkan peningkatan aliran permukaan dan penurunan aliran dasar dan aliran bawah permukaan pada tingkat DAS maupun sub-DAS (Tanika L, Khasanah N, Leimona B. 2018). Oleh karena itu diperlukan adanya penelitian mengenai dampak dari perubahan tata guna lahan terhadap debit limpasan pada DAS Rejoso.

1.2 Rumusan Masalah

1. Berapa besar debit puncak pada hidrograf aliran DAS Rejoso pada kondisi tata guna lahan saat ini?
2. Berapa besar perubahan pada hidrograf aliran akibat perubahan curah hujan di masa depan?
3. Berapa besar perubahan pada hidrograf aliran akibat perubahan tata guna lahan di masa depan?
4. Berapa besar perubahan pada hidrograf aliran akibat perubahan tata guna lahan dan curah hujan di masa depan?
5. Parameter apa yang paling berdampak besar terhadap perubahan debit DAS Rejoso?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menganalisis debit puncak yang terjadi pada kondisi tata guna lahan pada saat ini.
2. Menganalisis perubahan pada hidrograf aliran akibat curah hujan di masa depan.
3. Menganalisis perubahan pada hidrograf aliran akibat perubahan tata guna lahan sesuai RTRW Kabupaten Pasuruan.
4. Menganalisis perubahan pada hidrograf aliran akibat perubahan tata guna lahan sesuai RTRW Kabupaten Pasuruan dan curah hujan di masa depan.
5. Mengetahui parameter yang berpengaruh terhadap perubahan debit limpasan DAS Rejoso.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu untuk mengidentifikasi dampak curah hujan dan perubahan tata guna lahan terhadap debit DAS Rejoso dengan data yang ada. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberi masukan mengenai rencana pengelolaan DAS terkait perubahan tutupan lahan sehingga mampu meningkatkan fungsi DAS.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini dilaksanakan di DAS Rejoso, Pasuruan, Jawa Timur. Analisis dititik beratkan tentang simulasi dampak perubahan curah hujan hasil dari proyeksi dengan menggunakan model CSIRO dengan skenario RCP 4.5 yang di downscaling menggunakan metode bias correction dan perubahan tata guna lahan DAS Rejoso tahun 2016 dan tata guna lahan sesuai RTRW dibuat oleh BAPPEDA dengan berdasarkan Peraturan Daerah No. 2 Tahun 2012.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Hidrologi DAS

Daerah Aliran Sungai (DAS) dapat dipandang sebagai sistem hidrologi, yang berfungsi mengalih ragamkan masukan (input) yang berupa air hujan menjadi keluaran (output) seperti aliran dan sedimen. Komponen dalam sistem DAS dapat terdiri atas berbagai unsur diantaranya unsuk fisik, tata guna lahan, dan morfometri, yang saling berkaitan membentuk satu kesatuan yang teratur. Analisis sistem hidrologi DAS dilakukan untuk memahami perilaku hidrologi suatu sistem DAS yang dapat digunakan untuk mengartikan, menetapkan dan memperkirakan besaran-besaran komponen tersebut dalam berbagai keadaan dan rentang waktu tertentu (Harto dalam Hartanto, 2009). Proses pengalihragaman masukan menjadi keluaran memiliki bentuk dan sifat tertentu yang melibatkan banyak proses, meliputi proses yang terjadi pada permukaan lahan, alur sungai, lapisan tanah, dan akifer. Aliran yang tercatat pada outlet DAS biasanya disajikan dalam bentuk hidrograf. Hidrograf adalah grafik yang menunjukkan fenomena aliran (tinggi muka air dan debit) yang dihubungkan dengan waktu. Komponen hidrograf aliran terdiri atas aliran permukaan, aliran bawah permukaan, aliran dasar dan hujan yang langsung jatuh di atas sungai (Fakhrudin dalam Hartanto, 2009).

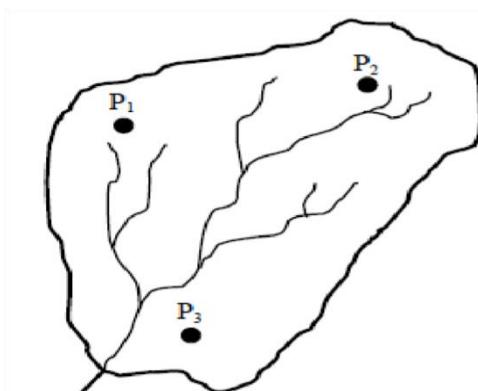
2.2 Hujan

Hujan adalah suatu fenomena alam yang sangat penting keberadaannya. Dalam jumlah yang cukup dan terkendali, hujan merupakan karunia Tuhan yang tidak terhingga manfaatnya. Sebaliknya, hujan akan membawa bencana jika jumlah dan sebarannya tidak terkendali. Hujan merupakan titik-titik air yang jatuh dari awan melalui lapisan atmosfer ke permukaan bumi secara proses alam yang menjadi kesatuan dengan siklus hidrologi. Pada siklus hidrologi, hujan turun ke permukaan bumi selalui dengan adanya pembentukan awan, karena adanya penggabungan uap air yang ada di atmosfer melalui proses kondensasi, maka terbentuklah butir-butir air yang bila lebih berat dari gravitasi akan jatuh berupa hujan. Hujan yang jatuh ke bumi selanjutnya akan menjadi limpasan permukaan (surface runoff), terinfiltasi ketanah menjadi aliran antara berupa (interflow, subsurface runoff), maupun sebagian mengalami perkolasasi yang menjadi aliran air tanah (groundwater), dan ada yang kembali ke atmosfer yang dinamakan evaporasi atau evapotraspirasi (Sri Harto, 2000).

2.2 1. Curah Hujan Wilayah

Curah hujan (mm) adalah ketinggian air hujan yang terkumpul dalam penakar hujan pada tempat yang datar, tidak menyerap, tidak meresap dan tidak mengalir (BMKG, 2016). Menurut Triatmodjo (2008), stasiun penakar hujan hanya memberikan kedalaman hujan di titik dimana stasiun berada, sehingga hujan pada suatu luasan harus diperkirakan dari titik pengukuran tersebut. Apabila pada suatu daerah terdapat lebih dari stasiun pengukuran yang ditempatkan secara terpencar, hujan yang tercatat di masing-masing stasiun dapat tidak sama. Dalam analisis hidrologi sering diperlukan untuk menentukan hujan rerata pada daerah tersebut, yang dapat dilakukan dengan tiga metode berikut yaitu:

a. Metode Rerata Aritmatik (Aljabar)



Gambar 2. 1 Stasiun hujan di suatu DAS

Metode ini adalah yang paling sederhana untuk menghitung hujan rerata pada suatu daerah. Pengukuran dilakukan di beberapa stasiun dalam waktu yang bersamaan dijumlahkan dan kemudian dibagi dengan jumlah stasiun. Stasiun hujan yang digunakan dalam hitungan biasanya adalah yang berada di dalam DAS, tetapi stasiun di luar DAS yang masih berdekatan juga bisa diperhitungkan. Hujan rerata pada seluruh DAS diberikan oleh bentuk berikut:

$$P = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n}{n} \dots \quad (3.1)$$

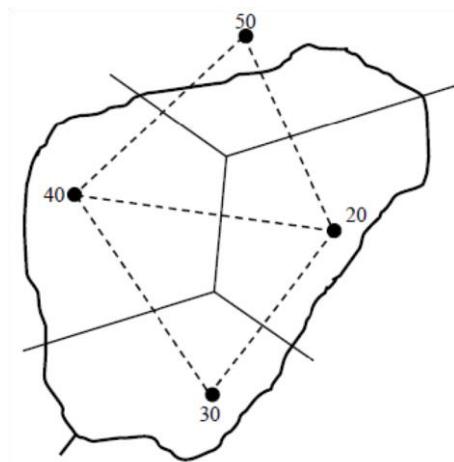
Dengan:

P : Hujan rerata kawasan

$P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$: Hujan di stasiun 1, 2, 3, ..., n

n : Jumlah stasiun

b. Metode Thiessen



Gambar 2. 2 Metode poligon Thiessen (Triatmodjo, 2008)

Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili luasan tersebut. Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata. Perhitungan poligon Thiessen adalah sebagai berikut:

$$P = \frac{A_1 p_1 + A_2 p_2 + \dots + A_n p_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots \quad (3.2)$$

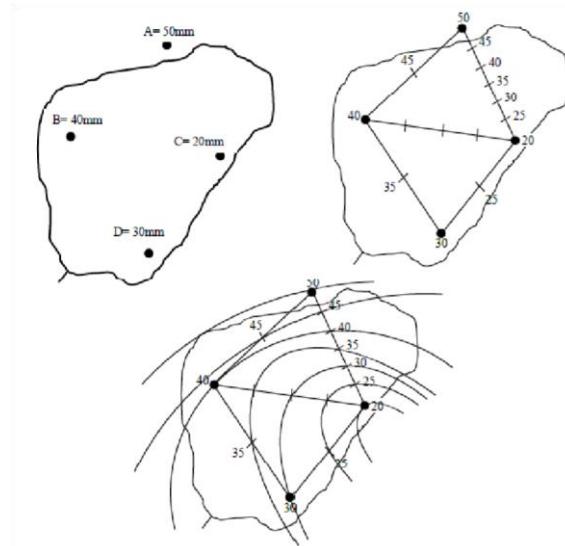
Dengan:

P : Hujan rerata kawasan

P_1, P_2, \dots, P_n : Hujan pada stasiun 1,2,..,n

A_1, A_2, \dots, A_n : Luas daerah stasiun 1,2,..., n

c. Metode Isohiet



Gambar 2. 3 Metode Isohiet (Triatmodjo, 2008)

Isohiet adalah garis yang menghubungkan titik-titik dengan kedalaman hujan yang sama. Pada metode isohiet, dianggap bahwa hujan pada suatu daerah di antara dua garis isohiet adalah merata dan sama dengan nilai rerata dari kedua garis isohiet tersebut. Metode isohiet merupakan cara paling teliti untuk menghitung kedalaman hujan rerata di suatu daerah, tetapi cara ini membutuhkan pekerjaan dan perhatian yang lebih banyak dibandingkan dengan dua metode sebelumnya. Secara matematis hujan rerata tersebut dapat dituliskan:

$$P = \frac{A_1 \frac{I_1 I_2}{2} + A_2 \frac{I_2 I_3}{2} + \dots + A_n \frac{I_n I_{n+1}}{2}}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots \dots \dots \quad (3.3)$$

Dengan:

P : Hujan rerata kawasan

I_1, I_2, \dots, I_n : Garis isohiet ke 1,2,...,n, n+1

A_1, A_2, \dots, A_n : Luas daerah yang dibatasi oleh isohiet ke 1 dan 2, 2 dan 3,..., n dan n +1

2.3 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Ritter (2003) mendefinisikan DAS sebagai suatu wilayah di permukaan bumi dimana di dalamnya terdapat sistem aliran air yang terdiri sungai utama dan beberapa anak cabangnya. Di dalam DAS terdapat sumber daya tanah, air, vegetasi yang membentuk suatu ekosistem alami yang berlangsung proses fisik hidrologi maupun sosial-ekonomi masyarakat sekitar (Asdak 2007).

Sebagai bagian dari sistem hidrologi, DAS memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan siklus hidrologi. Proses utama siklus hidrologi yang terdapat dalam DAS yaitu presipitasi, evaporasi, dan limpasan. Parameter hidrologi yang dapat digunakan untuk menganalisis kondisi DAS yaitu data iklim, limpasan permukaan (runoff), debit sungai, sedimentasi, potensi air tanah, koefisien regim sungai, koefisien limpasan, nisbah debit maksimum dan minimum, serta frekuensi dan periode banjir (Asdak 2007). Menurut Falkenmark dan Rockstrom (2004), kondisi komponen DAS seperti limpasan, presipitasi dan evaporasi tergantung pada iklim dan penutupan lahan. Parameter tersebut memberikan pengaruh kepada besarnya infiltrasi dan kapasitas penyimpanan air dalam tanah (Anwar 2011).

2.4 Debit Sungai

Debit sungai adalah volume air yang mengalir persatuan waktu melewati suatu penampang melintang sungai, pipa, dan sebagainya (Soemarto, 1987 : 103). Curah hujan yang jatuh langsung di atas saluran air (sungai) atau dikenal dengan intersepsi saluran (channel interception) akan memberikan dampak paling cepat dalam pembentukan debit. Besar kecilnya suatu debit aliran pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah perubahan penggunaan lahan dari tahun ke tahun, perilaku masyarakat sekitar, penggunaan air untuk irigasi oleh masyarakat, teknik konservasi air dan tanah (Barutu,2011). Bentuk DAS yang memanjang dan sempit cenderung menghasilkan laju aliran permukaan yang lebih kecil dibandingkan dengan DAS yang melebar. Kondisi topografi juga memberikan pengaruh cukup besar terhadap aliran permukaan. DAS yang memiliki kemiringan curam disertai dengan parit saluran yang rapat akan menghasilkan laju dan volume aliran permukaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan DAS yang landai dengan parit yang jarang.

2.4.1 Debit DAS Rejoso

Berdasarkan hasil pengumpulan data debit, terdapat dua stasiun debit yang ada di DAS Rejoso. Kedua stasiun debit tersebut berada di Kecamatan Winongan (setelah mata air umbulan), yaitu stasiun Rejoso Hulu dengan luas tangkapan air 51.4 Km^2 dan stasiun Rejoso Hilir dengan luas tangkapan air 108.9 km^2 . Gambar 2.1 menunjukkan lokasi stasiun pengukuran debit yang ada di DAS Rejoso.

Berdasarkan hasil analisis data debit di dua stasiun, debit di stasiun Rejoso Hilir lebih mendekati pola curah hujan DAS Rejoso dibandingkan debit di stasiun Rejoso Hulu. Oleh karena itu data debit stasiun Rejoso Hilir digunakan sebagai data pengukuran dalam proses kalibrasi model.



(Sumber : UPT Gembong Pekalen)

Gambar 2.4 Lokasi stasiun Automatic Water Lever Record (AWLR) DAS Rejoso.

2.5 Perubahan Iklim

Dalam artikel 1 United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) perubahan iklim didefinisikan sebagai perubahan unsur iklim yang berhubungan secara langsung atau tidak langsung dengan aktivitas manusia yang mempengaruhi komposisi atmosfer global dan menambah pengaruh pada variabilitas iklim yang dipantau pada periode waktu tertentu. Definisi lain dari perubahan iklim yaitu kondisi iklim yang dapat diidentifikasi (misalkan dengan uji statistik) dari perubahan nilai rata-rata dan/atau variabilitas unsur-unsurnya yang terjadi dalam periode waktu yang cukup lama, biasanya dekade atau lebih panjang (**Bates et al 2008**). Menurut Laporan Kajian IPCC ke-4 (2007), perubahan iklim dapat dilihat dari perubahan kondisi alam sekitar, seperti puncak debit yang lebih awal, melelehnya glasier gunung es di kutub selama musim panas, serta meningkatnya frekuensi iklim ekstrim. Perubahan iklim terjadi akibat faktor alam serta antropogenik (aktivitas manusia).

Perubahan iklim di Indonesia dapat diidentifikasi dari perubahan tren suhu serta curah hujan. Berdasarkan data suhu tahun 1980 sampai tahun 2002 di 33 stasiun meteorologi di Indonesia menunjukkan terjadi peningkatan parameter suhu maksimum dan minimum yang cukup signifikan (**MoE 2007**). Secara global terjadi peningkatan presipitasi di wilayah sub-tropis, akan tetapi di beberapa wilayah terjadi penurunan curah hujan bulanan dan tahunan. Terjadi penurunan dominasi monsun yang menyebabkan perubahan pola tahunan dan peningkatan rasio curah hujan selama musim hujan dan peningkatan periode dry-spell (**Aldrian dan Djamil 2008**).

2.6 Global Circulation Model (GCM)

Global Circulation Model (GCM) merupakan model dinamik yang berdasarkan pemahaman sistem iklim saat ini guna mensimulasi proses-proses fisik atmosfer dan lautan yang kemudian dapat mengestimasi iklim global (**Kaimuddin 2000**). **Von et al (1993)** mengatakan bahwa GCM mampu menduga perubahan unsur-unsur cuaca dalam bentuk luaran grid yang berukuran 100-500 km menurut lintang dan bujur. **Kaimuddin (2000)** juga menyatakan bahwa model CSIRO bagus untuk digunakan di wilayah Indonesia karena memiliki resolusi horizontal yang tinggi sehingga dapat mensimulasi data iklim di Indonesia dengan cukup baik.

Simulasi curah hujan lokal dengan menggunakan GCM harus dilakukan proses downscaling. Downscaling didefinisikan sebagai proses transformasi data atmosfer skala besar (disebut sebagai peubah penjelas) menjadi data resolusi spasial yang lebih baik

(disebut peubah respon) untuk memungkinkan analisis lokal dari efek perubahan iklim (**Najafi et al 2011**). Definisi lain dari downscaling yaitu suatu proses transformasi data dari suatu grid dengan unit skala besar menjadi data pada grid-grid dengan unit skala yang lebih kecil (**Wigena dan Estiningtyas 2011**). Teknik downscaling yang digunakan dalam penelitian yaitu Bias Correction. Metode bias correction merupakan salah satu metode downscaling yang memaksa distribusi peluang dari simulasi historis untuk cocok terhadap distribusi observasinya (**Wood et al 2002**). Metode bias correction tidak berusaha untuk mengoreksi secara statistik dari parameter yang disimulasikan, tapi lebih kepada mempertahankannya sebagai dasar untuk evaluasi model (**Salathe 2005**).



(Sumber : ccafs-climate.org)

Gambar 2. 5 Website General Circulate Model (GCM)

2.6.1 Pengunduhan data hujan *Bias Correction CSIRO*

Berikut adalah cara untuk mendapatkan data curah hujan *bias correction* CSIRO pada *ccafs-climate.org* yang dikelola oleh *Climate Change, Agriculture, and Food Security Organization* :

1. Buka website *ccafs-climate.org*



(Sumber : *ccafs-climate.org*)

Pada halaman ini ditampilkan mengenai penyediaan layanan yang bisa kita manfaatkan untuk memperoleh data iklim yang dikelola oleh *CCAFS organization* seperti :

- Spatial Downscaling: Untuk pengunduhan data iklim GCM *global* dengan berbagai metode.
- Bias Correction : Untuk pengunduhan data iklim GCM *Bias Correction*.
- Method : Metode – metode yang dipakai dalam pengolahan data iklim.
- Documentation : Berisi tentang cara mendownload data dari *ccafs-climate.org*.
- Cititaion : Publikasi artikel/ jurnal yang berkaitan dengan CCAFS.

2. Buka Menu *Bias Correction Data*



Pada menu ini akan ditampilkan isian data yang harus diisi seperti :

- Location Coordinate

Pada isian ini diisikan koordinat yang ditinjau sesuai lokasi studi. Pada penelitian ini digunakan koordinat stasiun hujan pada DAS Rejoso.

- GCM File site

Data harian GCM Luaran CMIP5 dengan resolusi $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$ atau $\pm (300\text{Km} \times 300\text{Km})$.

- Scenario

Pada penelitian ini skenario perubahan iklim yang digunakan adalah RCP 4.5. RCP 4.5 Ini adalah skenario stabilisasi di mana pemakaian total radiatif distabilkan sebelum tahun 2100 dengan menggunakan berbagai teknologi dan strategi untuk mengurangi emisi gas rumah kaca. Data pengamatan yang digunakan sebagai pengamatan historis untuk metode kalibrasi.

- Model

Model data iklim. Pada penelitian ini menggunakan model CSIRO mk 3.6.0. Model yang digunakan dalam penelitian yaitu CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) yaitu model yang dikembangkan oleh Division of Atmospheric Research CSIRO, Melbourne, Australia (**Gordon et al 2002**). Resolusi CSIRO terbaru mencapai 1.875×1.875 derajat. GCM CSIRO merupakan model yang menggambarkan interaksi atmosfer dan lautan. Model ini dapat mensimulasi siklus harian dan musiman, serta dapat memprediksi beberapa parameter iklim.

- Observation Data :

Observation data adalah Data iklim observasi yang akan digunakan sebagai data awal untuk *bias correction*. Pada penelitian ini digunakan dataset dari Princeton dimana dataset ini kumpulan data gaya meteorologi telah dikembangkan yang dapat digunakan untuk menggerakkan model hidrologi permukaan tanah. Dataset dibangun dengan menggabungkan serangkaian set data berbasis pengamatan global dengan analisis ulang NCEP / NCAR. Ini memadukan data analisis ulang dengan pengamatan dan disagregasi dalam ruang dan waktu. Dataset saat ini tersedia pada $0,25$ derajat secara global untuk tahun 1948-2008.

- Periode : Tahun data yang akan di download.
- Variable : Data iklim yang akan di download

- Correction Method : Tiga pendekatan kalibrasi yang berbeda untuk menghasilkan iklim harian yang andal untuk periode mendatang, yang digunakan di Bagian Koreksi Iklim CCAFS yang baru.
- Output Format : output data iklim yang diinginkan berupa tabel.
- Execute : tombol download dan selanjutnya data akan dikirim melalui email pengguna.

2.7 Model Hidrologi HEC-HMS

Model hidrologi yaitu suatu formulasi matematika yang menyimulasikan fenomena hidrologi di alam sebagai suatu proses atau sistem (Chow 1964). *Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System* yang selanjutnya dikenal dengan HEC-HMS dikembangkan oleh *US Army Corps of Engineers- Institute for Water Resources*. Model ini merupakan pengembangan dari model yang sebelumnya yaitu HEC-1 yang beralih menjadi model *user interface* HEC-HMS berbasis GUI (*Graphical User Interface*). HEC HMS merupakan model semi terdistribusi yang dapat menghitung proses di setiap sub-DAS. Salah satu keunggulan dari model HEC-HMS adalah telah digunakannya konsep GIS dalam penyelesaian pemodelannya (Kalita 2008). Data yang dapat dimasukkan dalam model ini adalah *time-series* (curah hujan, debit, suhu dan radiasi surya), data berpasangan (seperti fungsi elevasi-debit, dan *storage-discharge*), dan data grid (grid presipitasi, suhu, dan bilangan kurva). Dalam model ini, data-data dapat dimasukkan secara manual atau dengan referensi yang ada dalam HEC-DSS.

Unsur-unsur hidrologi yang digunakan dalam komponen ini adalah *subbasin*, *reach*, *junction*, *source*, *sink*, *reservoir* dan *diversion*. Model hidrologi hasil HEC-HMS harus dikalibrasi terlebih dahulu untuk meningkatkan keakuratan model. Kalibrasi model dilakukan dengan menggunakan data curah hujan-limpasan hasil pengamatan. Apabila hasil model sesuai dengan nilai teramat dari pengukuran maka model memiliki tingkat kepercayaan tinggi (Muthukrishnan *et al* 2006). Data debit untuk kalibrasi model diperoleh dari data tinggi muka air dan persaman *rating curve*. *Rating curve* yaitu kurva yang menghubungkan antara tinggi muka air dengan debit (Warrick dan Milliman 2003). Pendekatan hidrologi yang digunakan dalam model ini adalah mekanistik, maksudnya seluruh proses yang menyertai terjadinya respon hidrologi telah dicoba untuk dimasukkan dalam model.

Pemodelan HEC-HMS terdiri dari lima komponen, antara lain model hujan (*precipitation*), model volume limpasan (*runoff- volume models*), model limpasan

langsung (*direct runoff models*), model aliran dasar (*baseflow models*), dan model penelusuran aliran (*channel flow models*).

Tabel 2. 1 Komponen komputasi dan model dalam **HEC-HMS**

Komputasi	Model
Precipitation	<i>User hyetograph User gage weighting</i> <i>Inverse distance gage weights</i>
	<i>Gridded precipitation Frequency storm Standard project storm</i>
Volume runoff	<i>Initial and Constant rate SCS curve number (CN) Gridded SCS CN</i> <i>Green and Ampt</i> <i>Deficit and constant rate</i> <i>Soil moisture accounting (SMA)</i> <i>Gridded SMA</i>
Direct runoff (overland flow dan interflow)	<i>(overland flow dan interflow) User-specified unit hydrograph</i> <i>Clark's UH Snyder's UH SCS UH</i> <i>Modclark Kinematic wave</i>
Baseflow	<i>Constant monthly Exponential recession Linier reservoir</i>
Channel flow	<i>Kinematic wave Lag</i> <i>Modified Puls</i> <i>Muskingum</i> <i>Muskingum-Cunge Standard Section</i>
	<i>Muskingum-Cunge 8-point Section</i>

Sumber : Technical Reference Manual HEC-HMS 2000

2.7.1 Metode Perhitungan Volume Aliran (*volume runoff*)

Curah hujan yang jatuh pada suatu DAS akan mengalami proses infiltrasi, intersepsi, evaporasi dan bentuk kehilangan alirannya sebelum menjadi limpasan. Model volume limpasan menghitung besar curah hujan efektif dari pengurangan total curah hujan yang turun dengan volume air yang terintersepsi, terinfiltrasi, tertampung pada permukaan, dan terevapotranspirasi. Untuk menentukan metode yang akan digunakan dalam pemodelan sebaiknya disesuaikan pada kecocokan penerapan metode pada daerah yang bersangkutan dan ketersediaan data pada daerah tersebut (Sitanggang, Tanpa Tahun). Didalam pemodelan HEC-HMS ini, terdapat beberapa metode perhitungan limpasan (*runoff*) yang dapat digunakan, yaitu (*HEC-HMS Technical Reference Manual, 2000:38*):

1. *The initial and constant-rate loss model,*
2. *The deficit and constant-rate loss model,*
3. *The SCS curve number (CN) loss model (composite or gridded),* dan
4. *The Green and Ampt loss model.*

Untuk penentuan *precipitation loss* dan *precipitation excess* pada penelitian ini akan menggunakan metode SCS (*Soil Conservation Service*) *Curve Number (CN)* yang dianggap paling mudah diaplikasikan dalam perhitungan.

Curve Number merupakan fungsi dari karakteristik DAS seperti tipe tanah, tanaman penutup, tata guna lahan, kelembapan dan cara penggerjaan tanah. Model *SCS Curve Number (CN)* memperkirakan hujan lebih (*precipitation excess*) atau hujan efektif sebagai bagian dari hujan yang menjadi aliran langsung di sungai. *SCS Curve Number* terdiri dari beberapa parameter yang harus dimasukkan yaitu *initial abstraction* atau nilai respon awal, *SCS Curve Number*, dan *imperviousness* (kekedapan air). Model perhitungannya adalah sebagai berikut (*HEC-HM Technical Reference Manual, 2000:40*)

$$Pe = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + s}$$

$$Ia = 0,2 \times S$$

dengan :

Pe : hujan kumulatif pada waktu t (*precipitation excess*)

P : kedalaman hujan kumulatif pada waktu t

Ia : kehilangan mula-mula (*initial abstraction*)

S : kemampuan penyimpanan maksimum

Initial Abstraction merupakan semua air kehilangan sebelum terjadinya curah hujan dimulai. Kejadian ini meliputi air yang ditahan oleh tekanan permukaan, air yang diintersepsi

oleh tumbuh-tumbuhan, penguapan dan infiltrasi. Nilai *Initial Abstraction* sangat variabel tetapi biasanya dihubungkan dengan lahan dan parameter tertutup. Dari beberapa hasil analisis dari pengujian daerah aliran sungai, SCS menghasilkan rumus empiris hubungan antara *I_a* dan *S* (*Technical Reference Manual HEC-HMS 2000*). Hubungan antara nilai kemampuan penyimpanan maksimum dengan nilai dari karakteristik DAS yang diwakili oleh nilai CN (*Curve Number*) adalah sebagai berikut:

$$S = \frac{1000 - 10 CN}{CN} \text{ (english unit)}$$

$$S = \frac{25400 - 254 CN}{CN} \text{ (SI)}$$

Dengan :

S : parameter retensi

CN : curve number

Nilai dari CN (*Curve Number*) bervariasi dari 100 (untuk permukaan yang digenangi air) hingga sekitar 30 (untuk permukaan tak kedap air dengan nilai infiltrasi tinggi). Nilai CN dari DAS diperkirakan sebagai suatu fungsi dari tata guna lahan, tipe tanah, tanaman penutup, kelembapan dan cara penggerjaan tanah telah dikelompokkan oleh SCS menjadi empat dengan notasi A, B, C dan D.

Tabel 2. 2 Tipe tanah dan laju kehilangan menurut model SCS

Soil Group	Description	Range of loss rate (in/hr)
A	<i>Deep sand, deep loess, aggregated silts</i>	0.30-0.45
B	<i>Shallow loess, sandy loam</i>	0.15-0.30
C	<i>Clay loams, shallow sandy loam, soil low in Organic content, and soils usually high in clay</i>	0.50-0.15 0.00-0.05

Sumber : *Technical Reference Manual HEC-HMS (2000)*

Untuk DAS yang terdiri dari beberapa tipe tanah dan tata guna lahan maka nilai CN dengan menggunakan table yang diterbitkan oleh SCS dapat dilihat pada tabel 2.3 – 2.5.

Tabel 2. 3 Nilai Curve Number untuk daerah perkotaan

Tutupan Tanah	Nilai Curve Number berdasarkan Grup Tanah			
Tipe Tutupan Tanah dan Kondisi Hidrologi	A	B	C	D
Daerah Perkotaan				
Ruang Terbuka (Lapangan berumput, Taman, Lapangan golf, Tempat pemakaman, dll.)				
Kondisi Buruk (Tutupan rumput < 50%)	68	79	86	89
Kondisi Sedang (Tutupan rumput 50% - 75%)	49	69	79	84
Kondisi Baik (Tutupan Rumput > 75%)	39	61	74	80
Daerah Kedap Air (Impervious Area)				
Tempat Parkir Beraspal, Jalan Raya,dll.	98	98	98	98
Jalan Raya				
Beraspal; trotoar dan saluran air kotor	98	98	98	98
Beraspal; selokan terbuka	83	89	92	93
Kerikil	73	85	89	91
Tanah Berlumpur	72	82	87	89
Daerah Perkotaan Berpadang Pasir				
Bentang alam gurun alami (hanya area yang tidak kedap air	63	77	85	88
Bentang alam gurun buatan	96	96	96	96
Kawasan Perkotaan				
Bisnis dan Komersial	98	92	94	95
Industri	81	88	91	93
Kawasan Pemukiman Berdasarkan rerata ukuran luas				
1/8 acre or kurang (town house)	77	85	90	92
1/4 acre	61	75	83	87
1/3 acre	57	72	81	86
1/2 acre	54	70	80	85
1 acre	51	68	79	84
2 acre	46	65	77	82
Pengembangan daerah perkotaan				
Wilayah baru (hanya daerah tidak kedap air, tidak ada vegetasi)	77	86	91	94

Sumber : *Technical Reference Manual HEC-HMS (2000).*

Tabel 2. 4 Nilai Curve Number untuk daerah petanian 1

Tutupan Tanah		Kondisi Hidrologi	Nilai Curve Number Berdasarkan Grup Tanah			
Tipe Tutupan tanah	Perlakuan		A	B	C	D
Lahan Pertanian yang baru dibajak	Lahan gundul	-	77	86	91	94
	terdapat sisa tanaman pertanian	Buruk	76	85	90	93
		Baik	74	83	88	90
Tanaman (berbaris)	Baris	Buruk	72	81	88	91
		Baik	67	78	85	89
	Baris lurus dan Terdapat sisa tanaman pertanian	Buruk	71	80	87	90
		Baik	64	75	82	85
	Berkontur	Buruk	70	79	84	88
		Baik	65	75	82	86
	Berkontur dan terdapat sisa tanaman pertanian	Buruk	69	78	83	87
		Baik	64	74	81	85
	Berkontur dan terasering	Buruk	66	74	80	82
		Baik	62	71	78	81
	Berkontur, terasering, dan terdapat sisa tanaman	Buruk	65	73	79	81
		Baik	61	70	77	80
Pertanian (padi,gandum, biji-bijian)	Baris lurus	Buruk	65	76	84	88
		Baik	63	75	83	87
	Baris lurus dan Terdapat sisa tanaman pertanian	Buruk	64	75	83	86
		Baik	60	72	80	84
	Berkontur	Buruk	63	74	82	85
		Baik	61	73	81	84
	Berkontur dan terdapat sisa tanaman pertanian	Buruk	62	73	81	84
		Baik	60	72	80	83
	Berkontur dan terasering	Buruk	63	72	79	82
		Baik	59	70	78	81
	Berkontur, terasering, dan terdapat sisa tanaman pertanian	Buruk	60	71	78	71
		Baik	58	69	77	80
Pertanian kacang-kacangan) atau pergiliran padang rumput	Baris lurus	Buruk	66	77	85	89
		Baik	58	72	81	85
	Berkontur	Buruk	64	75	83	85
		Baik	55	69	78	73
	Berkontur dan terasering	Buruk	63	73	80	83
		Baik	52	67	76	80

Sumber : *Technical Reference Manual HEC-HMS (2000)*

Tabel 2. 5 Nilai Curve Number untuk daerah pertanian 2

Tutuhan Tanah		Nilai Curve Number Berdasarkan Grup Tanah			
Tipe Tutuhan tanah	Kondisi Hidrologi	A	B	C	D
padang rumput, dan rumput makanan ternak	Buruk	68	79	86	89
	sedang	49	69	79	84
	Baik	39	61	74	80
padang rumput (jerami)	-	30	58	71	78
Semak-semak	Buruk	48	67	77	83
	sedang	35	56	70	77
	Baik	30	48	65	73
Hutan dengan kombinasi padang rumput (anggrek dan kebun teh)	Buruk	57	73	82	86
	sedang	43	65	76	82
	Baik	32	58	72	79
Hutan	Buruk	45	66	77	83
	sedang	36	60	73	79
	Baik	30	55	70	77
Rumah-rumah pertanian, jalan raya, lumbung	-	59	74	82	86

Sumber : *Technical Reference Manual HEC-HMS (2000)*.

Untuk menghitung Nilai CN rerata dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$CN_{composite} = \frac{\sum A_i CN_i}{\sum A_i}$$

Dengan :

CN composite : CN (nilai penggunaan lahan) komposit dan

A : luas daerah subDAS

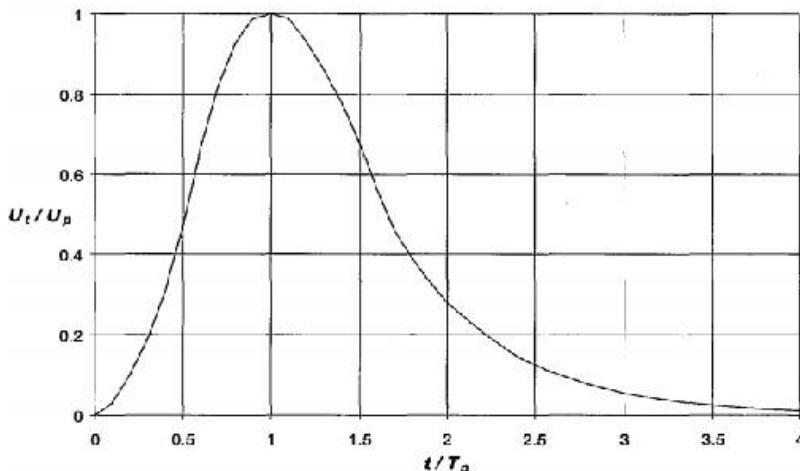
Menurut Azizah *et al* (2000) bahwa permukaan kedap air (*impervious surface*) penyebab yang sangat mempengaruhi dampak DAS karena peningkatan permukaan kedap air dapat menyebabkan meningkatnya limpasan selama kejadian hujan deras sehingga volume air di DAS sangat cepat meningkat.

2.7.2 Metode Perhitungan Aliran Langsung (*direct runoff*)

Aliran langsung (*direct runoff*) adalah curah hujan yang langsung tersalur aliran ke sungai diatas permukaan tanah dan aliran cepat di bawah permukaan tanah. Dalam pemodelan menggunakan HEC-HMS ini, disediakan beberapa pilihan metode yang dapat digunakan untuk perhitungan aliran langsung. Metode-metode yang ada antara lain *adalah* (*HEC-HMS Technical Reference Manual, 2000:56*) :

1. *Hidrograf satuan sintetis Snyder*
2. *Hidrograf satuan SCS (Soil Conservation Service)*
3. *Hidrograf satuan Clark*
4. *Hidrograf satuan Clark modifikasi*
5. *Hidrograf satuan Kinematic Wave*

Pada penelitian ini akan digunakan metode SCS *unit hydrograph*. Model *unit hydrograph* SCS merupakan model hidrograf berpuncak tunggal (*single-peaked*) dan hidrograf tanpa satuan (*dimensionless*).



Sumber : *Technical Reference Manual HEC-HMS* (2000).

Gambar 2. 6 Tipikal hidrograf satuan SCS

Hidrograf SCS dapat digunakan dengan mudah, parameter utama yang dibutuhkan adalah waktu *lag* yaitu tenggang waktu (*lag time*) antara titik berat hujan efektif dengan titik berat hidrograf. Parameter ini didasarkan pada data dari beberapa daerah tangkapan air. Tenggang waktu (*lag time*) dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut (*Wanielista, Kersten dan Eaglin, 1997*) :

$$T_c = \frac{L^{0.8} \left(\left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) + 10 \right)^{0.7}}{1900 y^{0.5}}$$

$$Tlag = 0,6 \times tc$$

Dengan :

L : panjang sungai utama

CN : kurva number

y : kemiringan lereng (%)

tlag : tenggang waktu (jam)

tc : waktu konsentrasi

2.7.3 Metode Perhitungan Aliran Dasar (*baseflow*)

Dua komponen utama penyusun hidrograf aliran di saluran (sungai) adalah limpasan langsung dan aliran dasar (*baseflow*). Aliran dasar (*baseflow*) merupakan aliran yang tertahan berdasarkan hujan sebelumnya yang tertampung sementara didalam tanah (Firmansyah, 2012) HEC-HMS menyediakan tiga macam metode dalam penentuan *baseflow* yang dapat digunakan dalam perhitungan selanjutnya. Ketiga metode tersebut adalah

(*HEC-HMS Technical Reference Manual, 2000:75*) :

1. Model konstan bulanan (*constant monthly model*)
2. Model penurunan eksponensial (*exponential recession model*)
3. Model volume tampungan linear (*linear-reservoir volume accounting model*)

2.8 Kriteria Kalibrasi Parameter

Kalibrasi model merupakan proses penyesuaian nilai-nilai parameter model hingga diperoleh hasil model yang mendekati hasil pengamatan, sehingga parameter-parameter tersebut dapat digunakan membangun model skenario. Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan hidrograf aliran pengamatan dengan model yang dihasilkan HEC-HMS.

Proses kalibrasi didalam suatu perhitungan permodelan seperti HEC HMS sangatlah penting, untuk melakukan proses pengecekan output terhadap data-data yang tersedia di lapangan dan mengetahui kesesuaian dari estimasi nilainilai parameter yang kita gunakan dari nilai parameterparameter dari karakteristik DAS pada penelitian ini, seperti nilai CN, resapan awal (*initial abstraction*), luasan kedap air (*imperviousness*), atau nilai *baseflow* sehingga akhirnya akan mendapatkan hasil yang paling mendekati kondisi di lapangan. Parameter yang digunakan sebagai acuan dalam proses kalibrasi adalah besarnya aliran yang dari permodelan HEC HMS. Hasil permodelan ini nantinya kita bandingkan dengan besarnya aliran (debit) yang dihasilkan oleh perhitungan HEC-HMS dengan input data berbeda dengan berdasarkan data tata guna lahan yang diperoleh. Sebaran dari kedua hasil tersebut yang perlu diperhatikan,

semakin kecil sebarannya maka akan semakin baik kualitas dari perhitungan HEC-HMS yang telah kita lakukan.

Tabel 2. 6 Nilai Parameter untuk kalibrasi HEC-HMS

Model	Parameter	Min	Max
SCS Loss	Initial Abstraction	0 mm	500 mm
	Curve Number	1	100
SCS UH	Lag	0.1 min	3000 min
	Initial Baseflow	0 m3/det	100000 m3/det
	Recession Factor	0,00001	-
Baseflow	Flow-t-peak	0	1
	K	0.1 hari	150 hr
	X	0	0.5
Muskingum	Number Of Step	1	100

Sumber : HEC HMS (Suhartanto, 2008)

Kalibrasi model HEC-HMS dilakukan dengan cara *trial and error*. *Objective functions* dalam menu kalibrasi HEC-HMS merupakan ukuran kuantitatif bagi *goodnes-of-fit* yang menunjukkan derajat keragaman antara hidrograf hasil perhitungan dengan data pengamatan. Kalibrasi pada penelitian ini menggunakan metode *Peak-Weighted RMS Error* untuk mempresentasikan rata-rata kuadrat simpangan (selisih) antara nilai keluaran model terhadap nilai pengukuran. Nilai *Root Mean Square Errors (RMSE)* yang bagus adalah yang mendekati nol (0). Algoritma yang digunakan yaitu Univariate gradient yang mencari nilai eror minimum. Nilai optimum dari parameter yang dikalibrasi diperoleh dengan cara pengulangan melalui proses trial-error.

Nilai optimum dari parameter yang dikalibrasi dimasukkan ke dalam parameter DAS untuk running. Hasil model HEC-HMS dilakukan Uji-F terhadap debit observasi. Uji-F dari Running model akan dapat dilihat dari nilai *Nash-Sutcliffe (NSE)* yang menunjukkan kemiripan model terhadap debit observasi. Rentang nilai *NSE* berkisar antara 0-1, nilai *NSE* semakin mendekati 1 menunjukkan bahwa hasil model mendekati observasi. Kalibrasi dilakukan hingga model menunjukkan nilai (*NSE*) lebih besar dari 0.5. Nilai parameter setelah kalibrasi yang telah menunjukkan *NSE* lebih dari 0.5 akan digunakan untuk membangun model skenario perubahan curah hujan dan tata guna lahan.

Tabel 2. 7. Kriteria Nilai Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE)

Nilai Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE)	Interpretasi
$NSE > 0,75$	Baik
$0,36 < NSE < 0,75$	Memuaskan
$NSE < 0,36$	Kurang Memuaskan

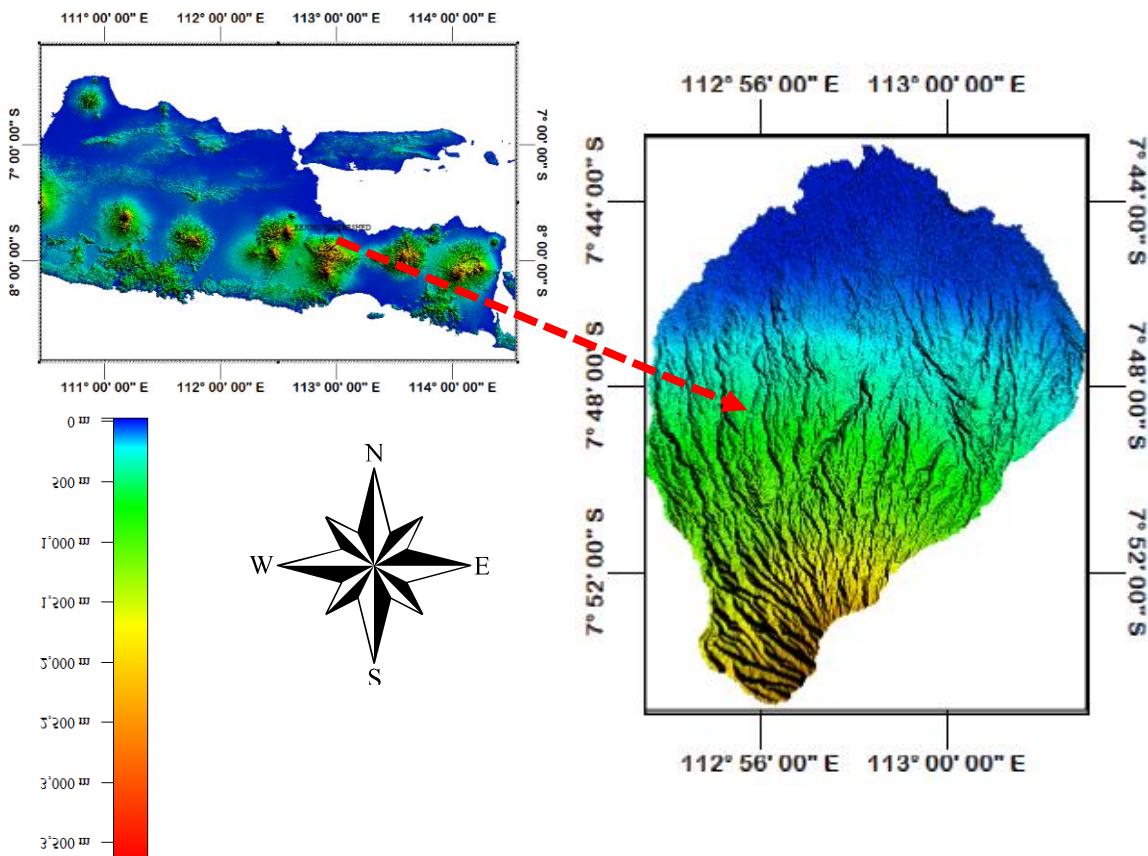
Sumber : Motovilov, et al (1999)

BAB III

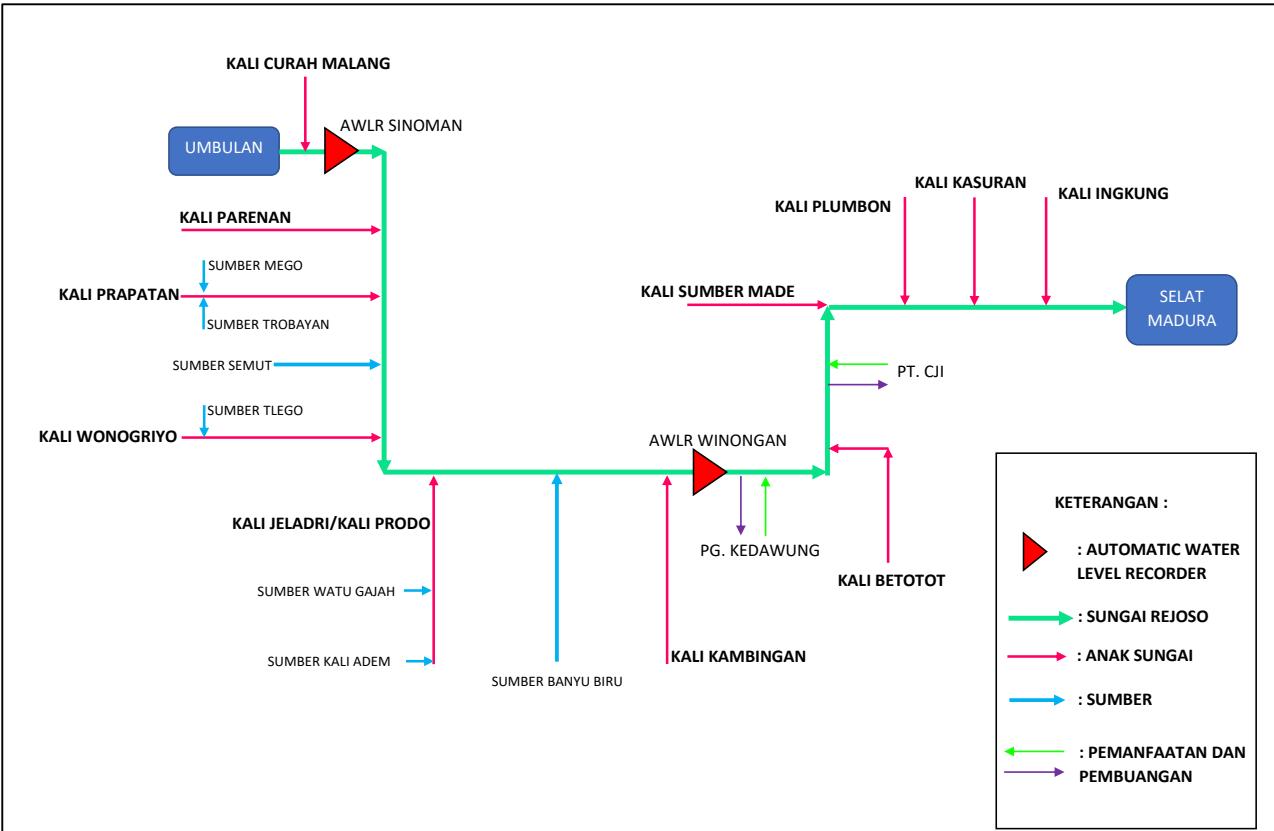
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Secara administrasi lokasi penelitian terletak di Daerah Aliran Sungai (DAS) Rejoso Kabupaten Pasuruan, meliputi beberapa Kecamatan, yaitu Kecamatan Rejoso, Grati, Winongan, Lumbang, Puspo, dan Umbulan. DAS Rejoso memiliki 3 stasiun hujan, yaitu Winongan, Panditan dan Umbulan serta data AWLR yang berada di kecamatan Winongan. Secara Geografis DAS Rejoso dengan titik kontrol (outlet) sta AWLR winongan mempunyai luas sebesar 237,72 km², yang terletak pada 112° 33' 55" hingga 113°30'37" Bujur Timur dan antara 7° 32' 34" hingga 8° 30' 20" Lintang Selatan. Lokasi DAS Rejoso dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Lokasi DAS Rejoso



(Sumber : Julian, 2020)

Gambar 3. 2 Skema Kali Rejoso

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu alat tulis, serta seperangkat komputer dengan *software ArcGIS, HEC-HMS, dan Microsoft Office.*

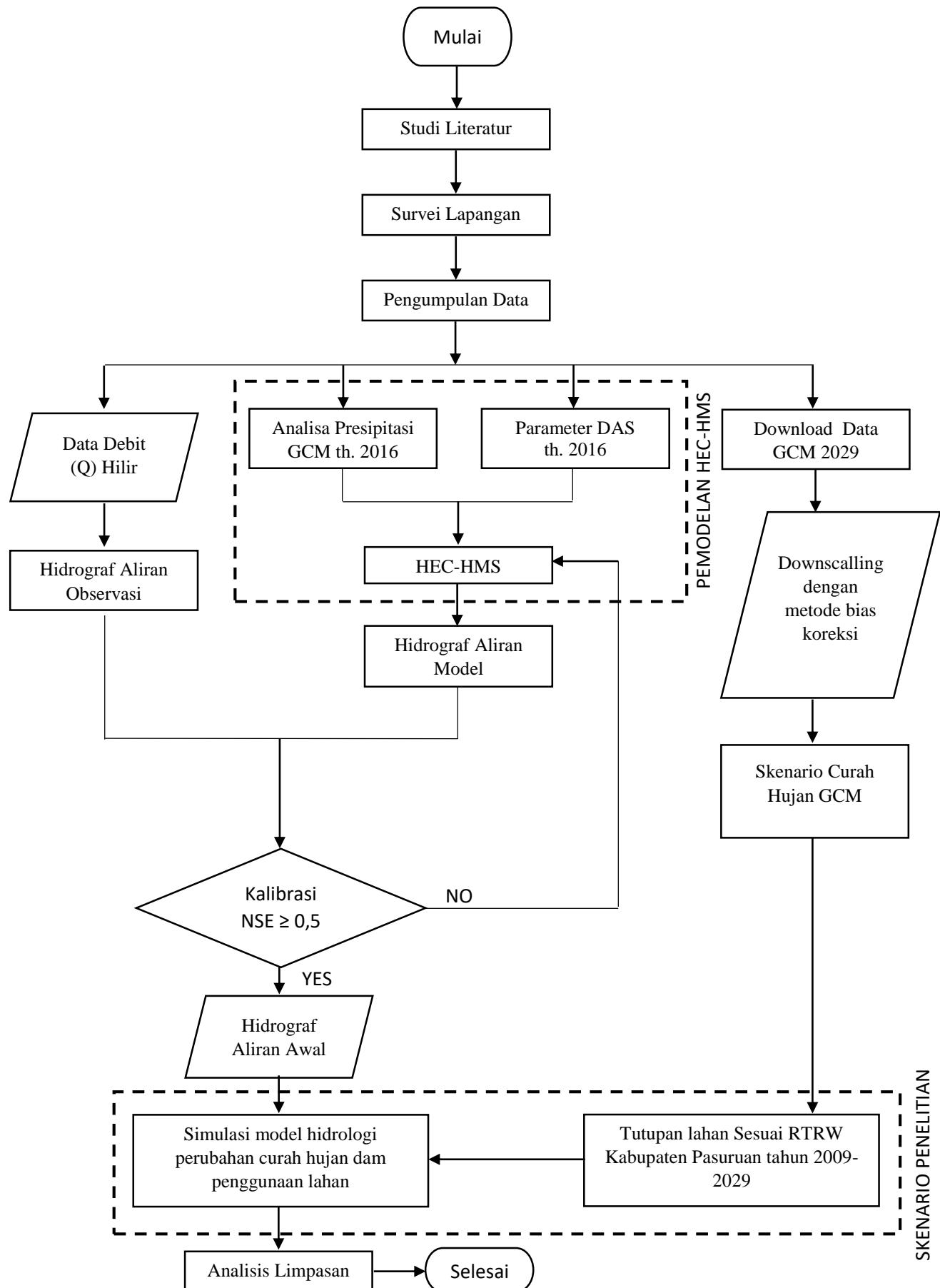
3.2.2 Bahan

Data dan sumber data yang digunakan dan penelitian ini yaitu:

Tabel 3. 1 Data sekunder yang sudah dikumpulkan yang digunakan sebagai input model

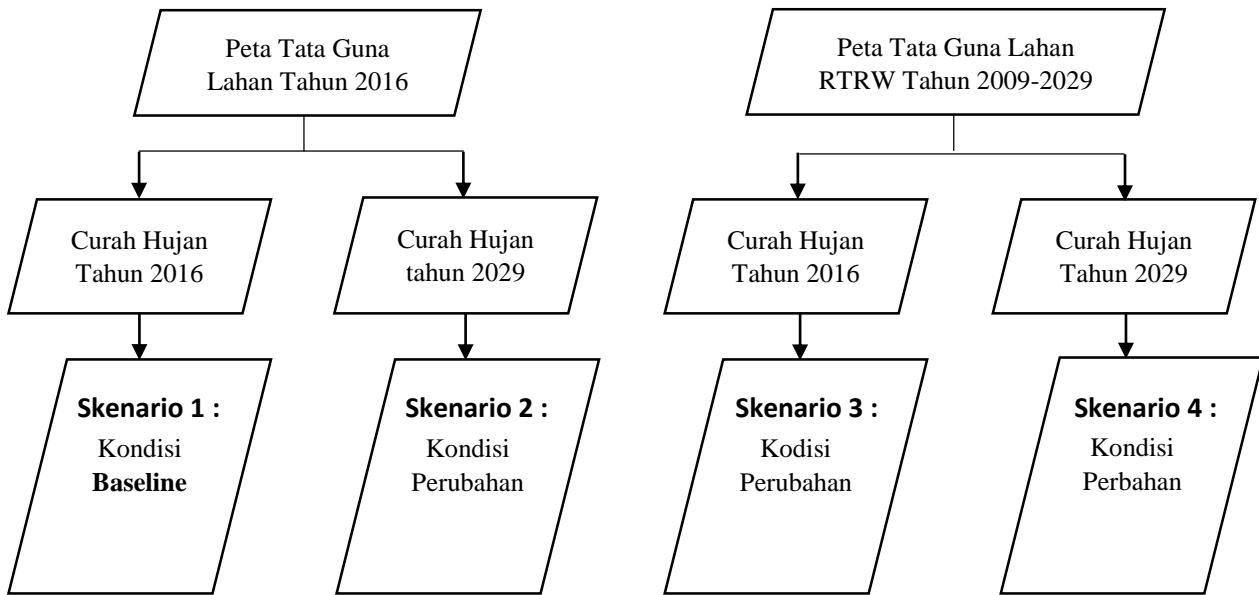
Jenis Data	Sumber Data
1. Curah Hujan harian observasi tahun 2007-2016	UPT Gembong Pekalen
2. Data curah hujan proyeksi tahun 2015-2030 dengan grid $1.875^\circ \times 1.875^\circ$	<i>ccafs-climate.org</i>
3. Tinggi muka air harian tahun 2007-2016	UPT Gembong Pekalen
4. Peta jenis tanah tahun 2016 skala 1:200000	UPT Gembong Pekalen
5. Peta penutupan lahan tahun 2016 skala 1:200000	<i>USGF</i>
6. Peta RTRW tahun 2009-2029 skala 1:200000	BAPPEDA Kabupaten Pasuruan

3.2 Prosedur Analisis Data



Gambar 3. 3 Diagram Alir Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat tiga skenario perubahan yaitu perubahan curah hujan, perubahan penggunaan lahan, dan perubahan penggunaan lahan dan curah hujan. Ketiga perubahan tersebut akan dianalisis perubahan limpasan terhadap (aliran awal) *baseline*. Diagram yang menjelaskan ketiga skenario perubahan yang digunakan dalam penelitian disajikan dalam Gambar 3.3.



Gambar 3. 4 Skenario model perubahan dalam penelitian

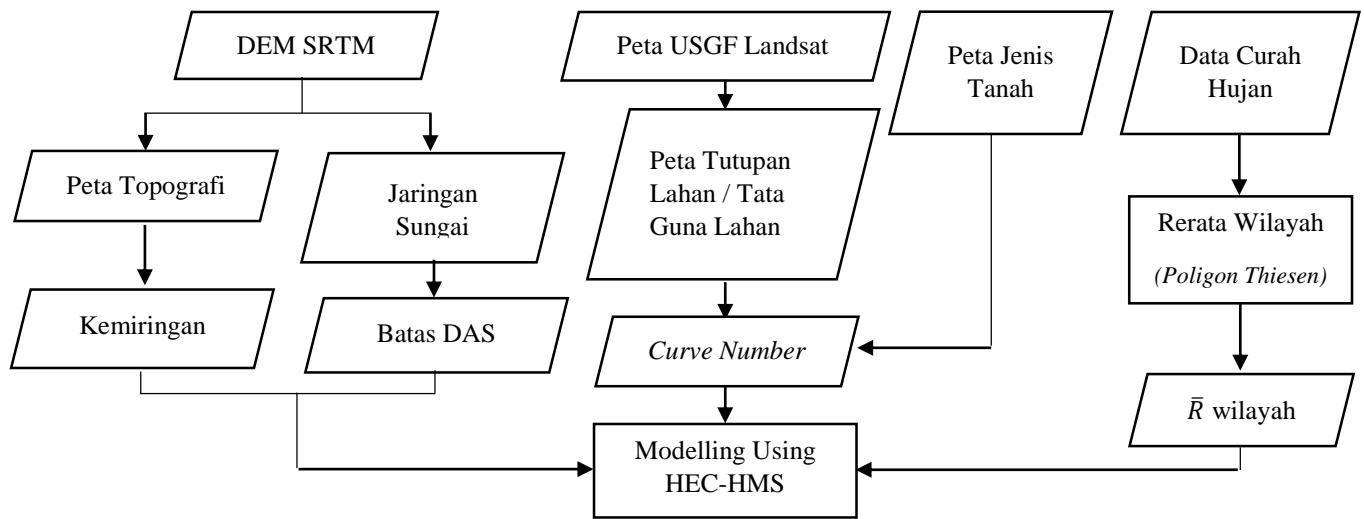
3.2 Penyusunan Basin Model

Pemodelan DAS digunakan sebagai representasi kondisi fisik DAS untuk mensimulasikan limpasan. Dalam HEC-HMS terdapat tujuh elemen hidrologi yang mewakili respon DAS terhadap presipitasi, yaitu :

- **Subbasin** : mewakili DAS yang memiliki satu outflow yang dihitung berdasarkan loss, surface runoff, dan baseflow.
- **Reach** : menunjukkan proses routing dimana inflow dapat berasal dari lebih satu upstream.
- **Junction** : digunakan untuk mewakili pertemuan aliran sungai dan memiliki lebih dari satu inflow.
- **Source** : elemen yang digunakan memperkenalkan model, tidak memiliki inflow dan hanya memiliki satu outflow.
- **Sink** : dapat digunakan untuk mewakili outlet, memiliki lebih dari satu inflow akan tetapi tidak memiliki outflow.

- **Reservoir** : dapat digunakan untuk memodelkan danau atau kolam yang memiliki inflow lebih dari satu serta outflow dapat dihitung dengan satu dari tiga routing.
- **Diversion** : dapat digunakan untuk mempresentasikan bendungan yang mengalihkan aliran kedalam kanal-kanal.

Dalam sebuah DAS tidak harus memiliki tujuh elemen tersebut, tergantung karakteristik DAS. Penyusunan basin model diperlukan untuk melihat respon DAS terhadap presipitasi berdasarkan karakter DAS.



Gambar 3. 5 Flow Chart Modelling HEC-HMS

halaman ini sengaja dikosongkan

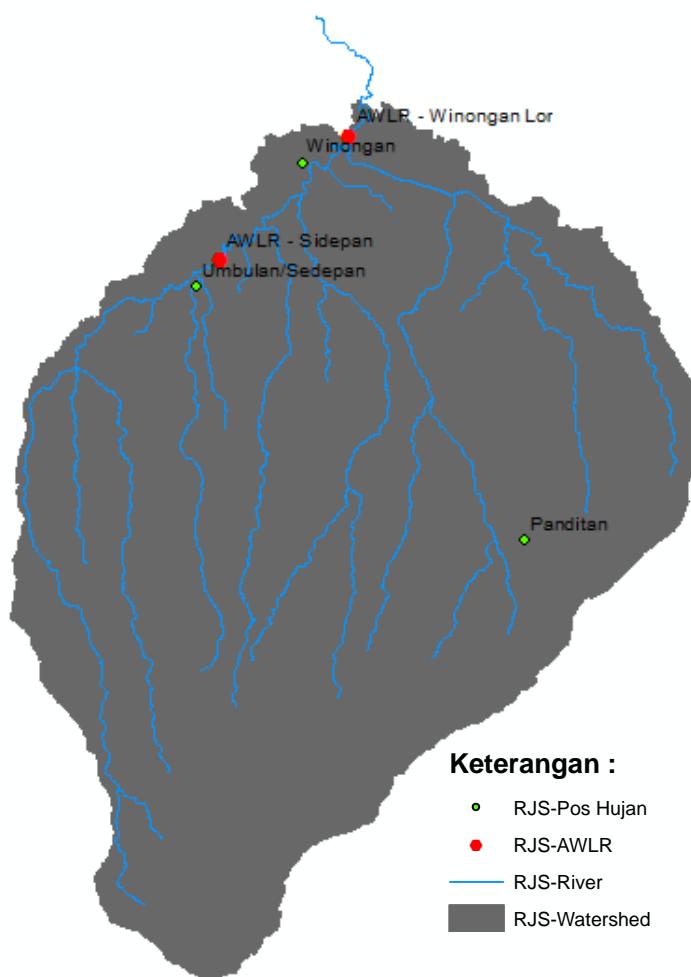
BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Hidrologi

4.1.1. Data Curah Hujan

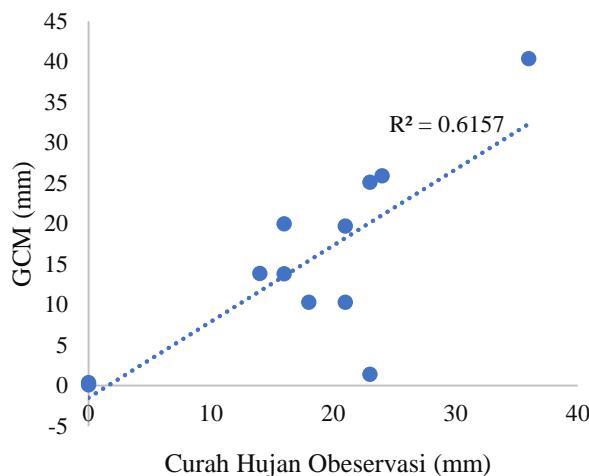
Pada DAS Rejoso terdapat 3 (tiga) stasiun hujan yang berpengaruh yaitu Stasiun Winongan, Stasiun Umbulan/Sidepan dan Stasiun Panditan dengan outlet pada Stasiun AWLR Sidepan (Hulu) dan Winongan Lor (Hilir). Data curah hujan dan data debit yang digunakan yaitu mulai tahun 2007 sampai dengan tahun 2016. Letak stasiun AWLR seperti pada Gambar 4.1 .



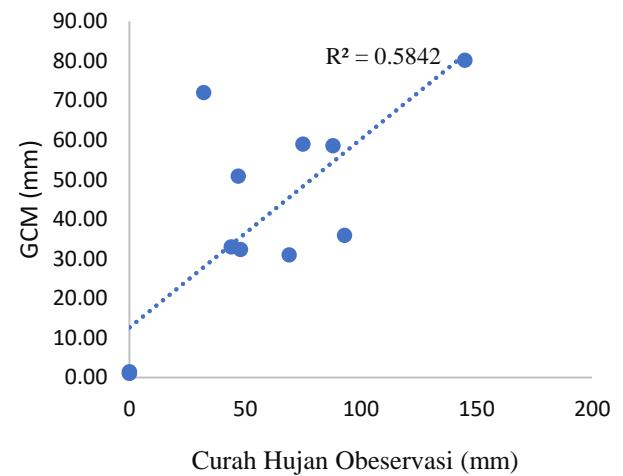
Gambar 4. 1 Letak Automatic Water Level Recording (AWLR) di DAS Rejoso.

4.1.2 Analisa Curah Hujan CSIRO dan Observasi.

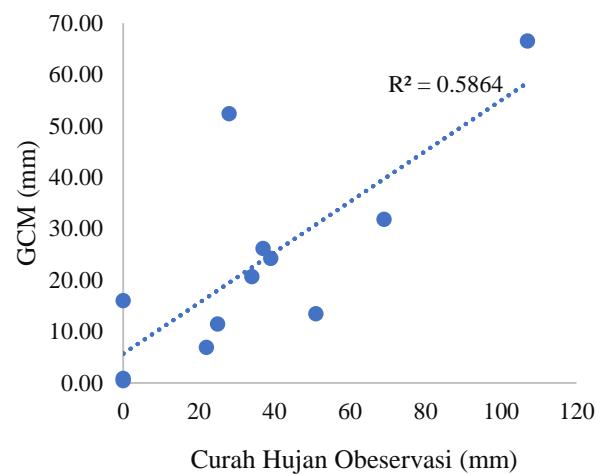
Pada penelitian ini digunakan curah hujan tahun 2016 sebagai basline dikarenakan pertimbangan data hujan model CSIRO mk 3.6.0 dengan skenario RCP 4.5 memiliki tingkat kesesuaian yang cukup bagus dibandingkan data curah hujan pada tahun yang lain dan data hujan yang dapat diperoleh dari CCAFS hanya tersedia lebih dari tahun 2015 dst. Berikut adalah nilai keandalan curah hujan model dan observasi tahun 2016 :



Gambar 4. 2 Nilai *R square* antara output model Bias Correction dan observasi Pada Stasiun Hujan Umbulan-Sidepan.



Gambar 4. 3 Nilai *R square* antara output model Bias Correction dan observasi Pada Stasiun Hujan Panditan.

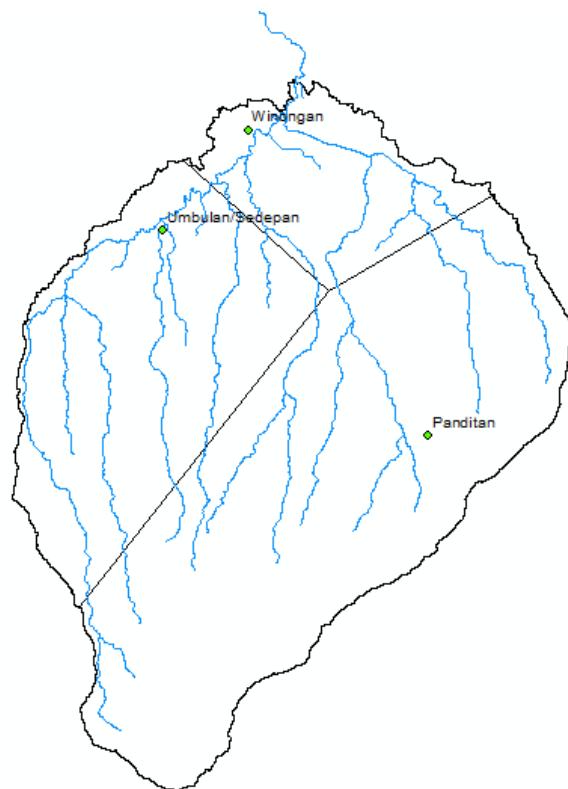


Gambar 4. 4 Nilai *R square* antara output model Bias Correction dan observasi Pada Stasiun Hujan Winongan.

Dari grafik diatas didapatkan nilai keandalan R square untuk stasiun hujan umbulan/sidepan adalah sebesar 0.61, untuk stasiun hujan panditan adalah sebesar 0.58 dan untuk stasiun hujan panditan adalah sebesar 0.58. Secara statistik nilai keandalan R square hasil *GCM bias correction* menunjukkan hasil kesesuaian yang cukup baik terhadap observasi. Hasil nilai keandalan R square antara model dan observasi menunjukkan bahwa proyeksi model dapat digunakan untuk memproyeksikan curah hujan masa depan di wilayah kajian. nilai keandalan R square cukup bagus jika mendekati nilai 1.

4.1.3 Analisa Curah Hujan Wilayah

Analisa curah hujan menggunakan Metode Thiessen karena metode ini dianggap paling sesuai untuk karakteristik DAS Rejoso hulu yang berbukit. Pada Metode Poligon Thiessen diperhitungkan luas daerah yang diwakili oleh masingmasing stasiun yang mewakili titik pos curah hujan.



Gambar 4. 5 *Polygon Thiesen*

Tabel 4. 1 Perhitungan *Polygon Thiesen*

No	Nama	Luas (Km ²)	Bobot (%)
1	Panditan	132.32	55.66
2	Umbulan/Sedepan	73.49	30.91
3	Winongan	31.92	13.43
Total		237.73	100.00

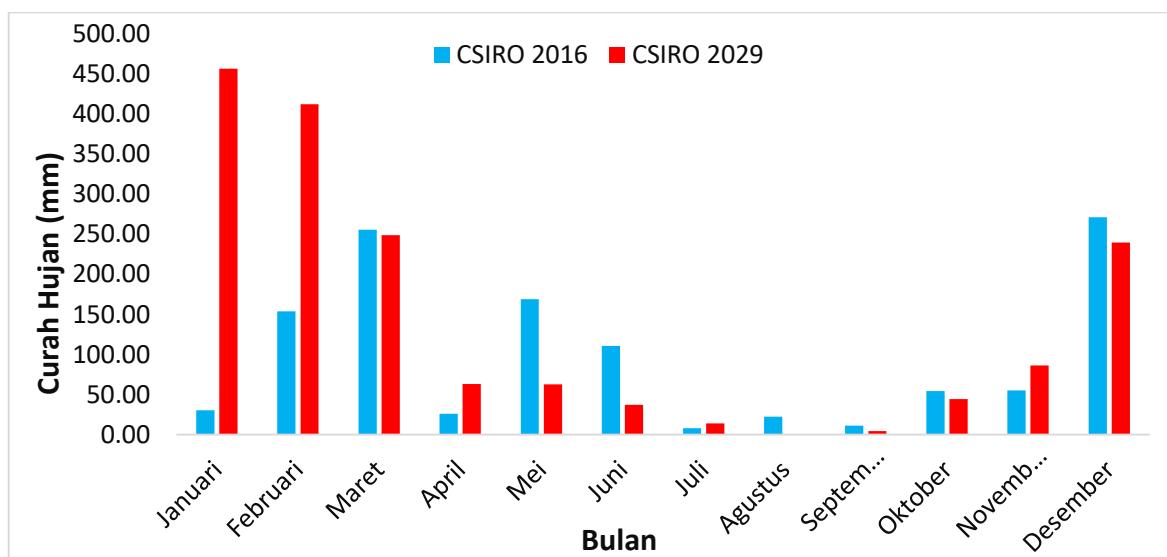
Sumber : Analisa perhitungan

Curah hujan wilayah diperoleh dengan menjumlahkan hasil perkalian curah hujan dengan koefisien Thiessen dari semua stasiun hujan yang mempengaruhi suatu daerah aliran pada hari yang sama dan dijumlahkan hasil dari 3 satsiu hujan. Berdasarkan perhitungan curah hujan rata-rata, dapat diperoleh curah hujan wilayah yang terjadi harian dalam tiap tahun (Lampiran 1.A). Berikut rekapitulasi curah hujan wilayah mulai tahun 2016 dan 2029.

Tabel 4. 2 Rekapitulasi Total Curah Hujan Wilayah Tiap Bulan DAS Rejoso

Bulan	Curah Hujan	
	CSIRO 2016	CSIRO 2029
Januari	255.84	456.39
Februari	153.62	411.83
Maret	255.68	248.73
April	25.87	63.19
Mei	168.75	62.89
Juni	110.61	37.28
Juli	7.97	14.03
Agustus	22.51	0.10
September	11.04	4.41
Oktober	54.52	44.38
November	54.98	86.43
Desember	271.11	239.44
Total	1392.52	1669.10

Sumber : Analisa Perhitungan

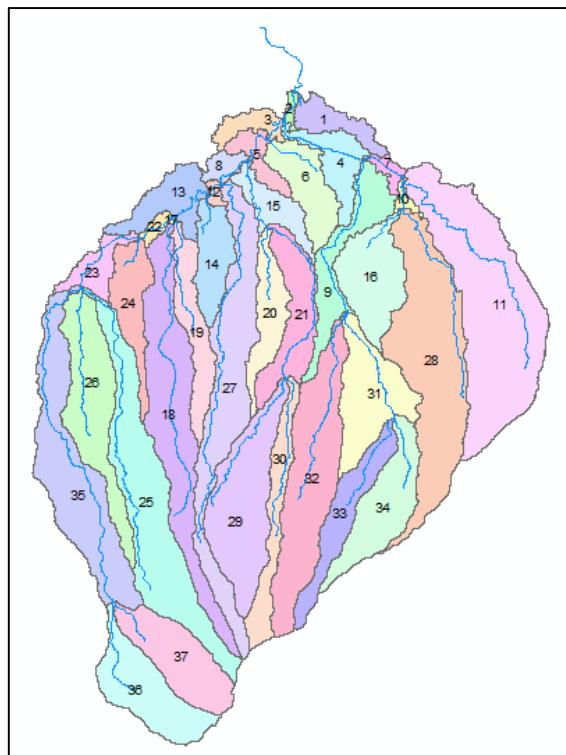


Sumber : Analisa Perhitungan

Gambar 4. 6 Grafik Curah Hujan Wilayah Maximum Setiap Bulan

4.2. Delineation Sub Basin

Selanjutnya dilakukan proses pemetaan untuk menentukan Sub DAS pada DAS Rejoso, dengan bantuan aplikasi ArcGIS menggunakan fitur ArcHydro Tool pada Gambar 4.3, diperoleh 37 Sub DAS dengan luasan tiap Sub DAS.



Sumber : Analisa Perhitungan

Gambar 4. 7 Hasil *Deliniation* Sub DAS Rejoso pada aplikasi ArcGIS

Tabel 4. 3 Luasan Hasil *Deliniation* Sub DAS Rejoso pada aplikasi ArcGIS

No	Kode SUB-DAS	Nama SUB-DAS	Luas (Km ²)
1	1	K. REJOSO	2.63
2	2	K. REJOSO	0.39
3	3	K. UMBULAN-1	1.80
4	4	K. GEDE-1	3.74
5	5	K. UMBULAN-2	1.96
6	6	K. JELADRI	4.83
7	7	K. GEDE-2	0.81
8	8	K. UMBULAN-3	1.13
9	9	K. KEDUNGSANGKAN	5.91
10	10	K. PENDOSO	0.48
11	11	K. GEDE-3	21.96
12	12	K. UMBULAN-4	0.42
13	13	K. UMBULAN-5	4.13
14	14	K. WINONGAN	4.13
15	15	K. JURANGKATES-1	3.10
16	16	K. KARANGJATI	6.91
17	17	K. PORANGAN	0.02
18	18	K. GURITWESI	14.25
19	19	K. KARANGPLOSO	5.04
20	20	K. JATIKUNCI	4.31

No	Kode SUB-DAS	Nama SUB-DAS	Luas (Km ²)
21	21	K. JURANGKATES-2	6.30
22	22	K. UMBULAN-6	0.61
23	23	K. UMBULAN-7	2.48
24	24	K. KEPORO	4.53
25	25	K. SEMBAYUT	15.67
26	26	K. SUMBERKLAKAH	9.59
27	27	K. KARANGANYAR	14.23
28	28	K. CURAHPAOH	17.96
29	29	K. JURANGKATES-3	11.20
30	30	K. JURANGKATES-4	4.92
31	31	K. BULUGULING-1	7.76
32	32	K. CURAHCANDI	13.49
33	33	K. BULUGULING-2	5.35
34	34	K. BULUGULING-3	7.10
35	35	K. KUCUR	13.94
36	36	K. ADIGUNA	7.46
37	37	K. JUBANGAN	7.17
Total			237.74

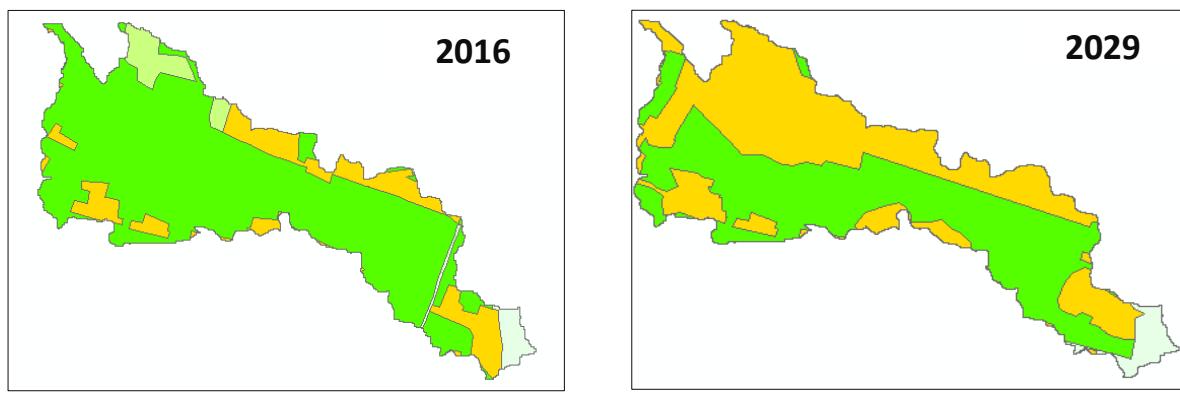
Sumber : Analisa Perhitungan

4.3. Analisa Perubahan Tata Guna Lahan

4.3.1. Analisa Penggunaan Lahan

Selanjutnya melakukan analisa data tata guna lahan pada tiap sub das untuk mengetahui luasan dari jenis penggunaan lahan tahun 2016 dan RTRW tahun 2009-2029. Peta RTRW digunakan sebagai acuan untuk dilakukan pembangunan daerah. RTRW dibuat oleh BAPPEDA dengan berdasarkan Peraturan Daerah No. 2 Tahun 2012, sedangkan penutupan lahan tahun 2016 merupakan penutupan lahan yang sesuai dengan lapang. Penutupan lahan DAS Rejoso dibagi menjadi 7 kelas yaitu, semak belukar, hutan, kebun, ladang, permukiman, danau/situ/mata air dan sawah. Akan tetapi, dalam RTRW tahun 2009-2029 penutupan lahan DAS Rejoso mencakup 9 kelas yaitu, semak belukar, hutan lindung (HL), kebun, pertanian lahan kering (PLK), pertanian lahan basah (PLB), hutan Produksi (Hpr), industri, permukiman dan danau/situ/mata air.

4.3.1.1 Perubahan Penggunaan Lahan Pada Masing-masing Sub DAS.



Sumber : Analisa ArcGIS.

Keterangan :

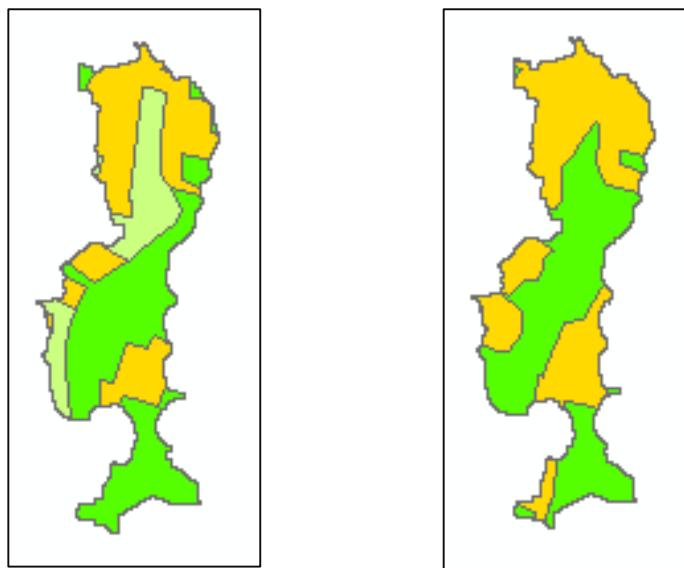
■ Permukiman	□ PLK	■ PLB	■ HL	■ Perkebunan	■ HPr	□ Semak Belukar	■ Industri	■ Mata Air
--------------	-------	-------	------	--------------	-------	-----------------	------------	------------

Gambar 4. 8 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 1 (K. REJOSO-1)

Tabel 4. 4. Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K Rejoso-1

Tata Guna Lahan	Luas (m ²)		Perubahan (m ²)	Prosentase (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air			-	-
Kawasan Perkebunan	114.310,58		114.310,58	4,4
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering	70.845,94	87.495,96	16.650,01	0,6
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah	2.032.591,17	1.292.508,79	740.082,38	28,2
Semak Belukar	52,60		52,60	0,0
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung			-	-
Kawasan Peruntukan Permukiman	408.517,42	1.246.312,90	837.795,49	31,9
Kawasan Peruntukan Industri			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi			-	-
Jumlah	2.626.317,71	2.626.317,66		0,0

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, () = Bertambah.



Keterangan :

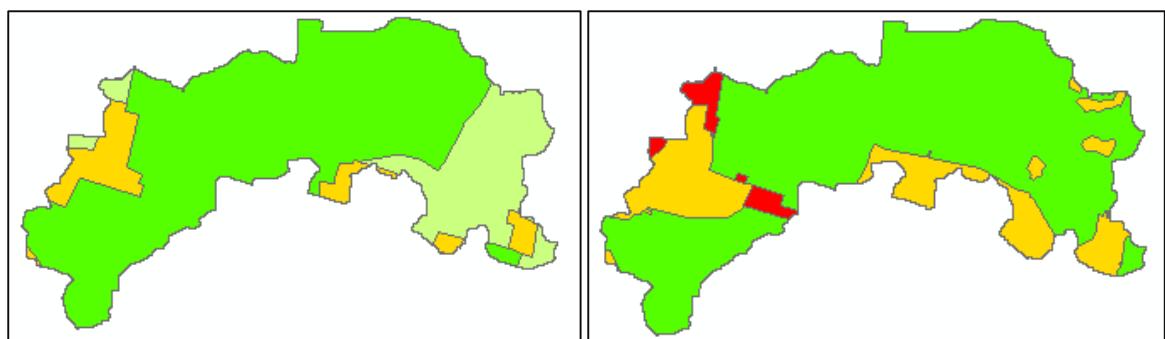
■ Permukiman ■ PLK ■ PLB ■ HL ■ Perkebunan ■ HPr ■ Semak Belukar ■ Industri ■ Mata Air

Gambar 4. 9 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 2 (K. REJOSO-2)

Tabel 4. 5 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K Rejoso-2

Tata Guna Lahan	2. K. REJOSO-2		Perubahan (m ²)	Prosentase (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air			-	-
Kawasan Perkebunan	72.668,63	-	72.668,63	18,5
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering		192.577,08	192.577,08	49,1
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah	177.958,17	-	177.958,17	45,3
Semak Belukar			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung			-	-
Kawasan Peruntukan Permukiman	141.804,05	199.853,78	58.049,73	14,8
Kawasan Peruntukan Industri			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi			-	-
Jumlah	392.430,86	392.430,86		0,0

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, (+) = Bertambah.



Keterangan :

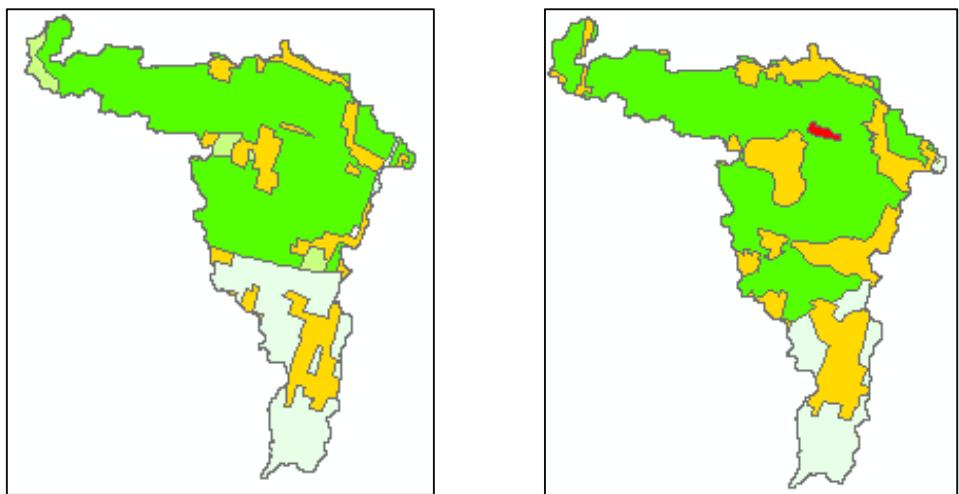
■ Permukiman □ PLK ■ PLB ■ HL ■ Perkebunan ■ HPr ■ Semak Belukar ■ Industri ■ Mata Air

Gambar 4. 10 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 3 (K. UMBULAN-1)

Tabel 4. 6 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. UMBULAN-1

Tata Guna Lahan	Luas (m ²)		Perubahan (m ²)	Prosentase (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air			-	-
Kawasan Perkebunan	350.947,46		- 350.947,46	- 19,5
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering			-	-
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah	1.294.724,30	1.397.379,49	102.655,19	5,7
Semak Belukar			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung			-	-
Kawasan Peruntukan Permukiman	158.363,77	351.137,67	192.773,90	10,7
Kawasan Peruntukan Industri		55.518,44	55.518,44	3,1
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi			-	-
Jumlah	1.804.035,53	1.804.035,60		0,0

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, () = Bertambah.



Keterangan :

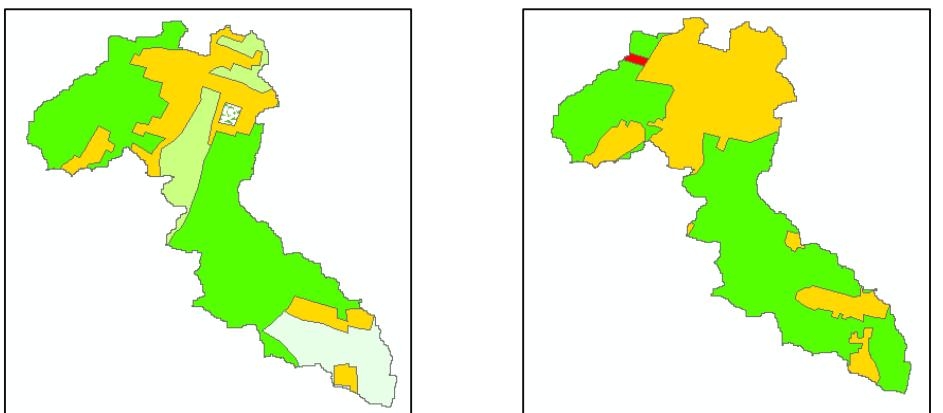
Permukiman	PLK	PLB	HL	Perkebunan	HPr	Semak Belukar	Industri	Mata Air
------------	-----	-----	----	------------	-----	---------------	----------	----------

Gambar 4. 11 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 4 (K. GEDE-1)

Tabel 4. 7 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. GEDE-1

Tata Guna Lahan	Luas (m ²)		Perubahan (m ²)	Prosentase (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air			-	-
Kawasan Perkebunan	118.870,95		- 118.870,95	- 3,2
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering	733.462,71	447.186,08	- 286.276,63	- 7,7
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah	2.234.245,88	2.220.559,97	- 13.685,91	- 0,4
Semak Belukar	4.352,02		- 4.352,02	- 0,1
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung			-	-
Kawasan Peruntukan Permukiman	647.895,74	1.054.234,86	406.339,12	10,9
Kawasan Peruntukan Industri		16.846,39	16.846,39	0,5
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi			-	-
Jumlah	3.738.827,30	3.738.827,30		0,0

Sumber : Analisa Perhitungan , Keterangan : (-) = Berkurang, () = Bertambah.



Keterangan :

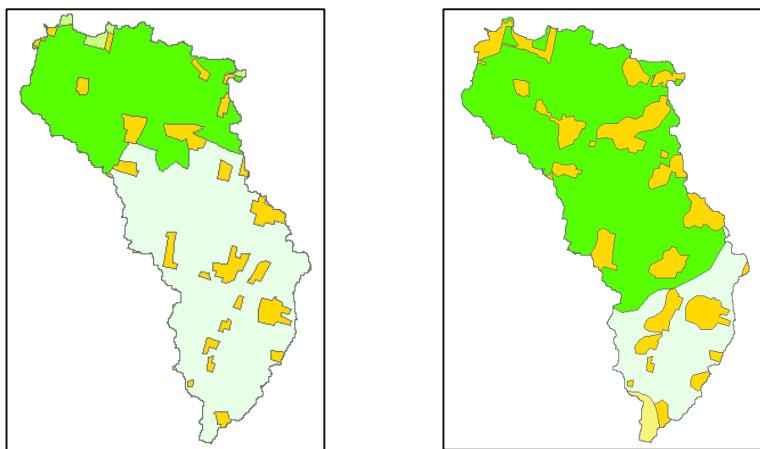
■ Permukiman □ PLK ■ PLB ■ HL ■ Perkebunan ■ HPr ■ Semak Belukar ■ Industri ■ Mata Air

Gambar 4. 12 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 5 (K. UMBULAN-2)

Tabel 4. 8 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. UMBULAN-2

Tata Guna Lahan	Luas (m ²)		Perubahan (m ²)	Prosentase (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air			-	-
Kawasan Perkebunan	210.228,58		- 210.228,58	- 10,72
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering	229.388,05		- 229.388,05	- 11,70
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah	1.062.366,28	1.158.468,04	96.101,76	4,90
Semak Belukar	13.525,58		- 13.525,58	- 0,69
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung			-	-
Kawasan Peruntukan Permukiman	445.318,83	795.038,49	349.719,66	17,84
Kawasan Peruntukan Industri		7.320,78	7.320,78	0,37
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi			-	-
Jumlah	1.960.827,31	1.960.827,30		0,0

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, () = Bertambah.



Keterangan :

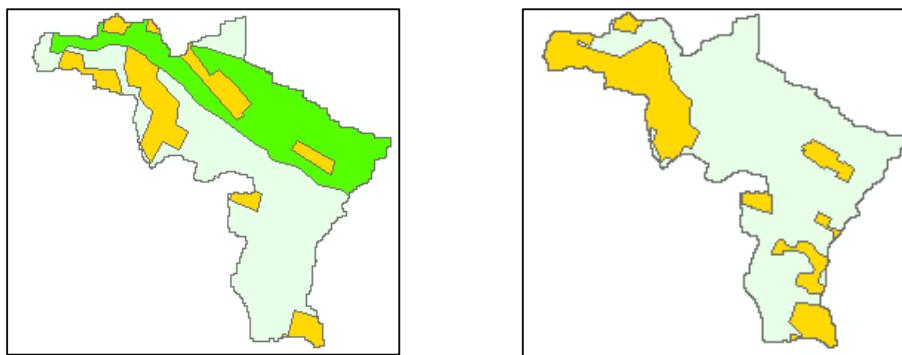
■ Permukiman ■ PLK ■ PLB ■ HL ■ Perkebunan ■ HPr ■ Semak Belukar ■ Industri ■ Mata Air

Gambar 4. 13 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 6 (K. JELADRI)

Tabel 4. 9 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. JELADRI

Tata Guna Lahan	6. K. JELADRI		Perubahan (m ²)	Prosentase (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air			-	-
Kawasan Perkebunan	46.224,87		46.224,87	1,0
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering	2.519.926,37	900.896,42	-1.619.029,95	33,5
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah	1.768.308,45	2.889.999,17	1.121.690,72	23,2
Semak Belukar			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung			-	-
Kawasan Peruntukan Permukiman	500.271,23	979.213,76	478.942,53	9,9
Kawasan Peruntukan Industri			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi		64.621,56	64.621,56	1,3
Jumlah	4.834.730,92	4.834.730,92		0,0

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, (+) = Bertambah.



Keterangan :

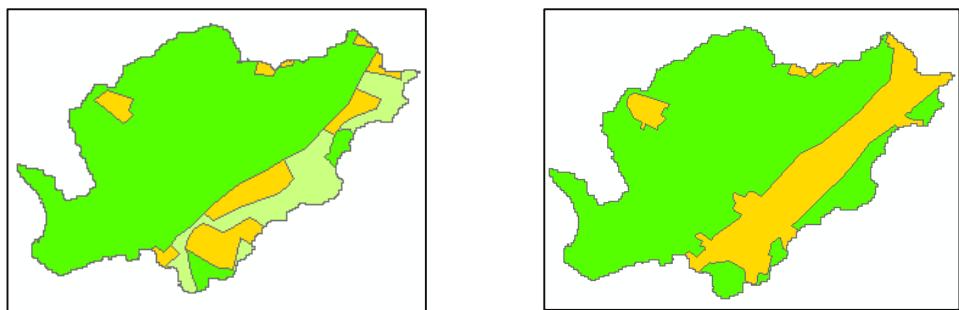
■ PLK ■ PLB ■ HL ■ Perkebunan ■ HPr ■ Semak Belukar ■ Industri ■ Mata Air

Gambar 4. 14 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 7 (K. GEDE-2)

Tabel 4. 10 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. GEDE-2

Tata Guna Lahan	7. K. GEDE-2		Perubahan (m ²)	Prosentase (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air			-	-
Kawasan Perkebunan			-	-
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering	401.763,81	592.925,89	191.162,08	23,7
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah	261.419,05	330,68	261.088,36	32,4
Semak Belukar			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung			-	-
Kawasan Peruntukan Permukiman	142.616,31	212.542,56	69.926,26	8,7
Kawasan Peruntukan Industri			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi			-	-
Jumlah	805.799,16	805.799,14		0,00

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, () = Bertambah.



Keterangan :

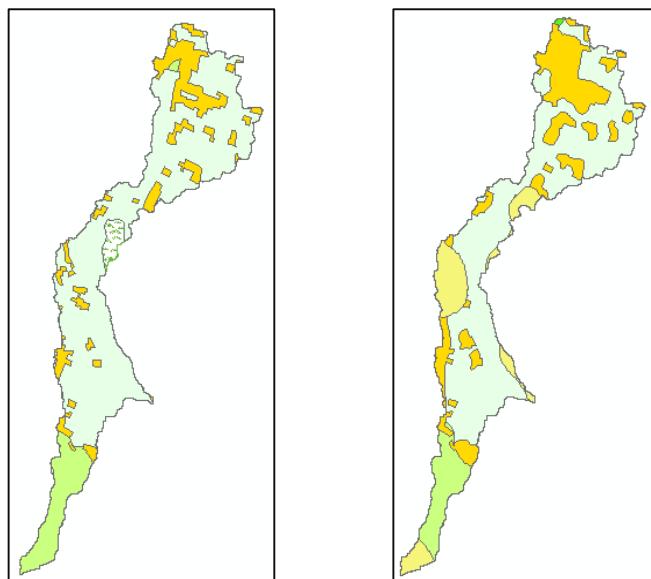
■ Permukiman □ PLK ■ PLB ■ HL ■ Perkebunan ■ HPr ■ Semak Belukar ■ Industri ■ Mata Air

Gambar 4. 15 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 8 (K. UMBULAN-3)

Tabel 4. 11 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. UMBULAN-3

Tata Guna Lahan	Luas (m ²)		Perubahan (m ²)	Prosentase (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air			-	-
Kawasan Perkebunan	148.624,02		- 148.624,02	- 13,1
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering			-	-
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah	852.604,04	852.077,65	- 526,39	- 0,0
Semak Belukar			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung			-	-
Kawasan Peruntukan Permukiman	129.572,79	278.723,22	149.150,43	13,2
Kawasan Peruntukan Industri			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi			-	-
Jumlah	1.130.800,85	1.130.800,87		0,0

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, (+) = Bertambah.



Keterangan :

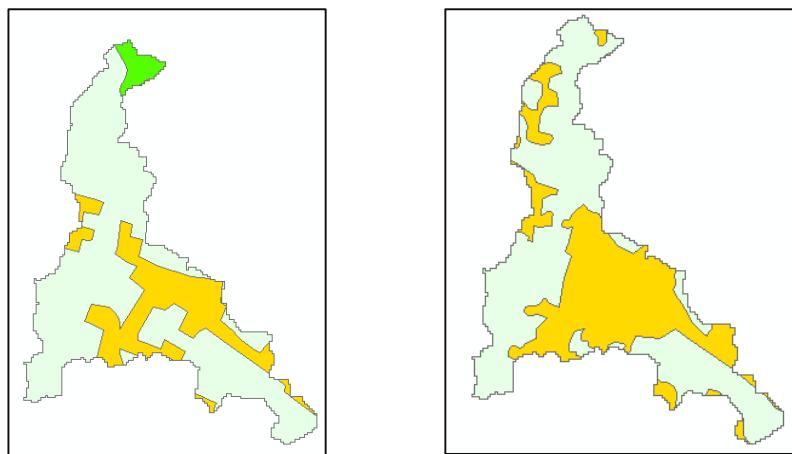
■ Permukiman □ PLK ■ PLB ■ HL ■ Perkebunan ■ HPr ■ Semak Belukar ■ Industri ■ Mata Air

Gambar 4. 16 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 9 (K. KEDUNGSANGKAN)

Tabel 4. 12 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. KEDUNGSANGKAN

Tata Guna Lahan	Luas (m ²)		Perubahan (m ²)	Prosentase (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air			-	-
Kawasan Perkebunan	645.413,26	489.702,29	- 155.710,96	- 2,6
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering	4.173.998,96	3.439.635,55	- 734.363,41	- 12,4
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah	1.216,94	9.519,86	8.302,92	0,1
Semak Belukar	129.962,06		- 129.962,06	- 2,2
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung			-	-
Kawasan Peruntukan Permukiman	959.902,63	1.335.867,34	375.964,71	6,4
Kawasan Peruntukan Industri			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi		635.768,82	635.768,82	10,8
Jumlah	5.910.493,85	5.910.493,86		0,0

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, () = Bertambah.



Keterangan :

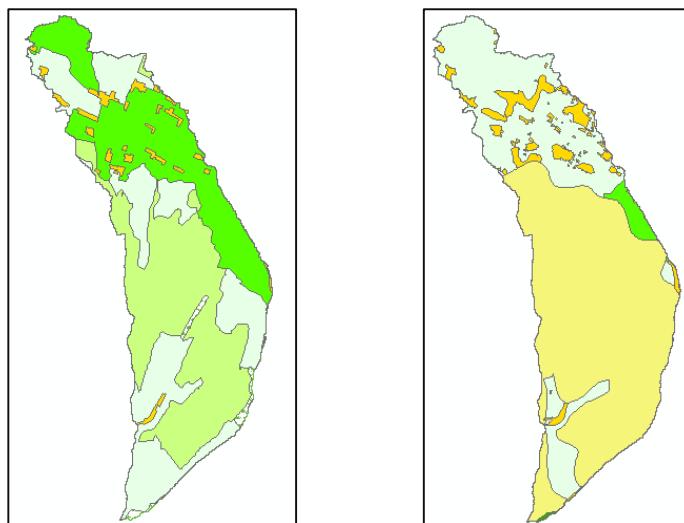
■ Permukiman ■ PLK ■ PLB ■ HL ■ Perkebunan ■ HPr ■ Semak Belukar ■ Industri ■ Mata Air

Gambar 4. 17 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 10 (K. PENDOSO)

Tabel 4. 13 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. PENDOSO

Tata Guna Lahan	Luas (m ²)		Perubahan (m ²)	Prosentase (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air			-	-
Kawasan Perkebunan			-	-
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering	351.741,12	285.484,86	- 66.256,26	- 13,7
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah	15.120,25	-	15.120,25	- 3,1
Semak Belukar			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung			-	-
Kawasan Peruntukan Permukiman	115.443,76	196.820,28	81.376,52	16,9
Kawasan Peruntukan Industri			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi			-	-
Jumlah	482.305,13	482.305,14		0,0

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, (+) = Bertambah.



Keterangan :

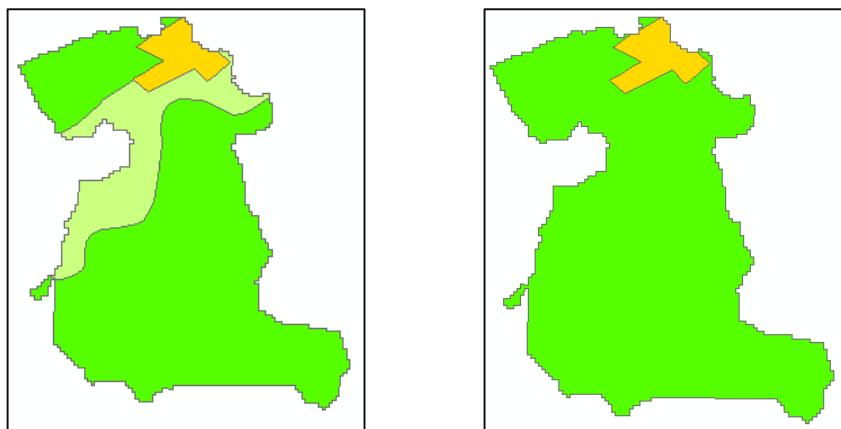
Permukiman PLK PLB HL Perkebunan HPr Semak Belukar Industri Mata Air

Gambar 4. 18 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 11 (K. GEDE-3)

Tabel 4. 14 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. GEDE-3

Tata Guna Lahan	Luas (m ²)		Perubahan (m ²)	Prosentase (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air			-	-
Kawasan Perkebunan	8.232.157,90		- 8.232.157,90	- 37,5
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering	7.007.456,83	6.861.394,30	- 146.062,54	- 0,7
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah	5.830.065,75	426.851,71	- 5.403.214,04	- 24,6
Semak Belukar	240.529,76		- 240.529,76	- 1,1
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung		23.310,94	- 23.310,94	- 0,1
Kawasan Peruntukan Permukiman	651.185,49	1.261.074,75	- 609.889,26	- 2,8
Kawasan Peruntukan Industri			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi		13.388.762,98	- 13.388.762,98	- 61,0
Jumlah	21.961.395,74	21.961.394,67		0,0

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, (+) = Bertambah.



Keterangan :

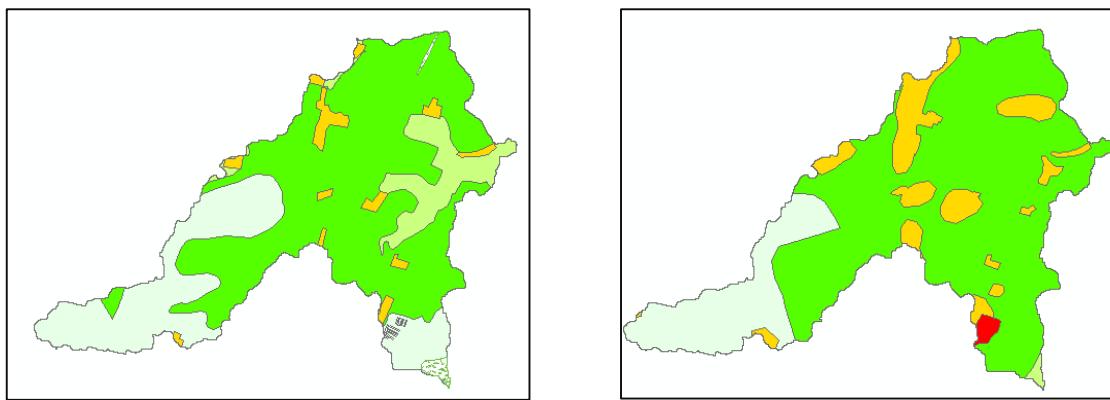
■ Permukiman ■ PLK ■ PLB ■ HL ■ Perkebunan ■ HPr ■ Semak Belukar ■ Industri ■ Mata Air

Gambar 4. 19 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 12 (K. UMBULAN-4)

Tabel 4. 15 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. UMBULAN-4

Tata Guna Lahan	Luas (m ²)		Perubahan (m ²)	Persentase (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air			-	-
Kawasan Perkebunan	73.660,11		73.660,11	17,3
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering			-	-
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah	331.225,43	404.883,56	73.658,13	17,3
Semak Belukar			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung			-	-
Kawasan Peruntukan Permukiman	19.850,46	19.852,44	1,98	0,0
Kawasan Peruntukan Industri			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi			-	-
Jumlah	424.736,00	424.736,00		0,00

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, (+) = Bertambah.



Keterangan :

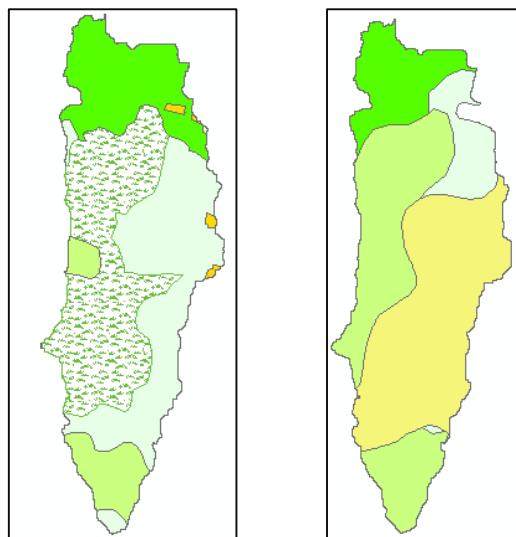
■ Permukiman □ PLK ■ PLB ■ HL ■ Perkebunan ■ HPr ■ Semak Belukar ■ Industri ■ Mata Air

Gambar 4. 20 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 13 (K. UMBULAN-5)

Tabel 4. 16 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. UMBULAN-5

Tata Guna Lahan	Luas (m ²)		Perubahan (m ²)	Prosentsa e (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air			-	-
Kawasan Perkebunan	378.454,39	17.253,10	-361.201,29	-8,8
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering	1.031.690,90	677.786,77	-353.904,13	-8,6
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah	2.529.177,22	2.896.079,28	366.902,05	8,9
Semak Belukar	33.337,11		-33.337,11	0,8
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung			-	-
Kawasan Peruntukan Permukiman	154.358,51	505.895,00	351.536,49	8,5
Kawasan Peruntukan Industri		29.929,40	29.929,40	0,7
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi			-	-
Jumlah	4.127.018,13	4.126.943,54		0,00

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, (+) = Bertambah.



Keterangan :

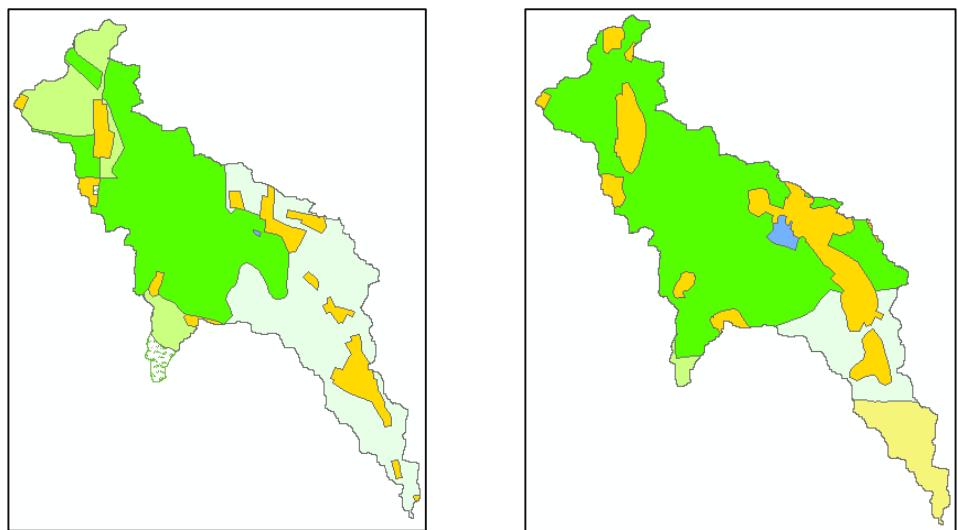
■ Permukiman □ PLK ■ PLB ■ HL ■ Perkebunan ■ HPr ■ Semak Belukar ■ Industri ■ Mata Air

Gambar 4. 21 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 14 (K. WINONGAN)

Tabel 4. 17 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. WINONGAN

Tata Guna Lahan	Luas (m ²)		Perubahan (m ²)	Persentase (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air			-	-
Kawasan Perkebunan	376.284,45	1.403.731,21	1.027.446,76	24,9
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering	1.383.664,39	385.811,89	997.852,50	24,2
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah	790.095,97	555.161,98	234.934,00	5,7
Semak Belukar	1.551.862,68		1.551.862,68	37,6
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung			-	-
Kawasan Peruntukan Permukiman	29.358,82	30.325,56	966,74	0,0
Kawasan Peruntukan Industri			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi		1.756.235,68	1.756.235,68	42,5
Jumlah	4.131.266,32	4.131.266,32		0,00

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, (+) = Bertambah.



Keterangan :

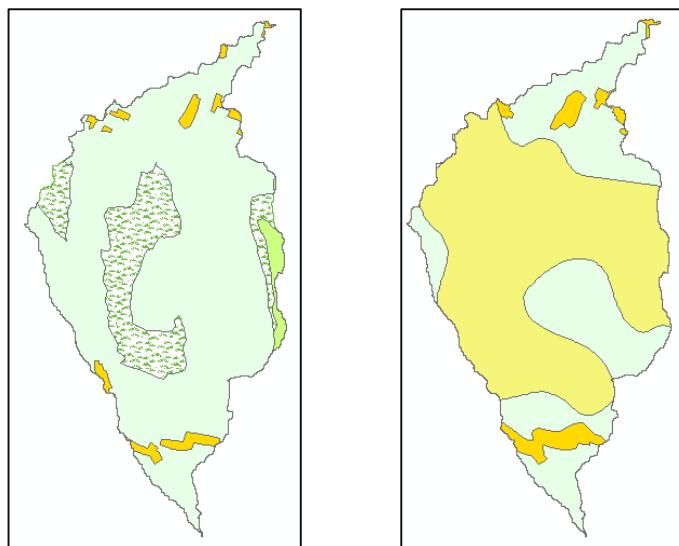
█ Permukiman █ PLK █ PLB █ HL █ Perkebunan █ HPr █ Semak Belukar █ Industri █ Mata Air

Gambar 4. 22 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 15 (K. JURANGKATES-1)

Tabel 4. 18 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. JURANGKATES-1

Tata Guna Lahan	Luas (m ²)		Perubahan (m ²)	Persentase (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air	1.487,08	30.135,03	28.647,95	0,9
Kawasan Perkebunan	397.075,21	28.794,16	-368.281,04	-11,9
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering	1.017.124,27	324.579,74	-692.544,53	-22,3
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah	1.327.938,48	1.923.369,93	595.431,44	19,2
Semak Belukar	42.159,56	-	42.159,56	1,4
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung	-	-	-	-
Kawasan Peruntukan Permukiman	316.621,77	552.909,60	236.287,83	7,6
Kawasan Peruntukan Industri	-	-	-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi	-	242.617,92	242.617,92	7,8
Jumlah	3.102.406,37	3.102.406,37		0,00

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, (+) = Bertambah.



Keterangan :

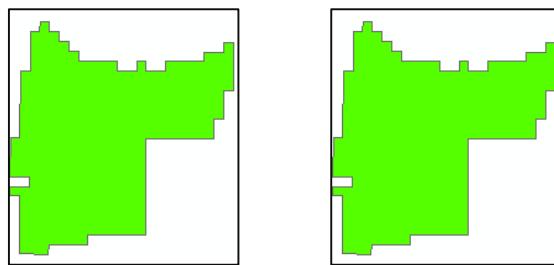
■ Permukiman ■ PLK ■ PLB ■ HL ■ Perkebunan ■ HPr ■ Semak Belukar ■ Industri ■ Mata Air

Gambar 4. 23 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 16 (K. KARANGJATI)

Tabel 4. 19 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. KARANGJATI

16. K. KARANGJATI				
Tata Guna Lahan	Luas (m ²)		Perubahan (m ²)	Persentase (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air			-	-
Kawasan Perkebunan	126.485,71		126.485,71	1,8
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering	5.403.733,04	2.525.254,70	2.878.478,34	41,7
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah			-	-
Semak Belukar	1.173.688,97		1.173.688,97	17,0
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung			-	-
Kawasan Peruntukan Permukiman	204.864,34	304.429,60	99.565,27	1,4
Kawasan Peruntukan Industri			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi		4.079.087,75	4.079.087,75	59,0
Jumlah	6.908.772,05	6.908.772,05		0,00

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, () = Bertambah.



Keterangan :

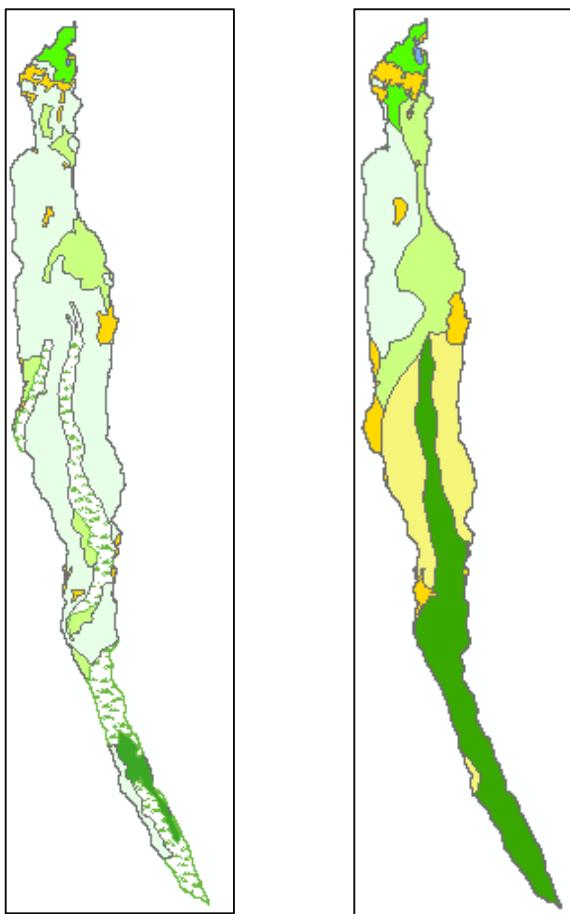
Permukiman PLK PLB HL Perkebunan HPr Semak Belukar Industri Mata Air

Gambar 4. 24 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 17 (K. PORANGAN)

Tabel 4. 20 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. PORANGAN

17. K. PORANGAN				
Tata Guna Lahan	Luas (m ²)		Perubahan (m ²)	Prosentsa e (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air			-	-
Kawasan Perkebunan			-	-
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering			-	-
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah	22.313,99	22.313,99	-	-
Semak Belukar			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung			-	-
Kawasan Peruntukan Permukiman			-	-
Kawasan Peruntukan Industri			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi			-	-
Jumlah	22.313,99	22.313,99		0,00

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, (+) = Bertambah.



Keterangan :

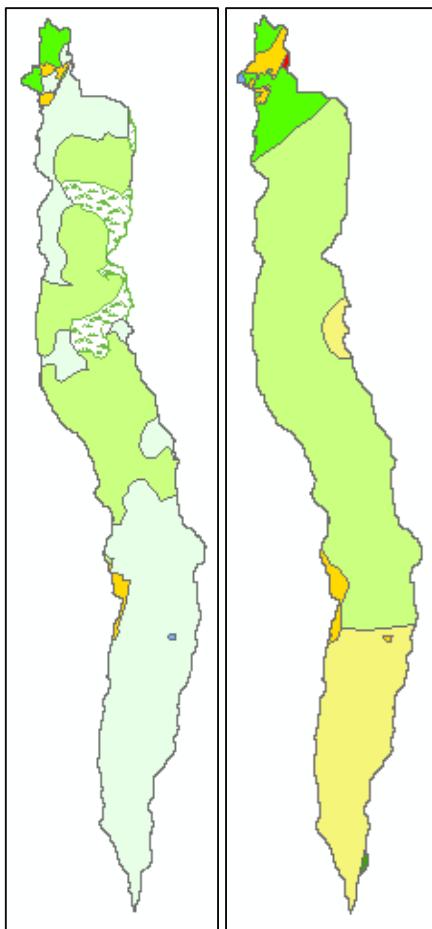
■ Permukiman ■ PLK ■ PLB ■ HL ■ Perkebunan ■ HPr ■ Semak Belukar ■ Industri ■ Mata Air

Gambar 4. 25 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 18 (K. GURITWESI)

Tabel 4. 21 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. GURITWESI

Tata Guna Lahan	18. K. GURITWESI		Perubahan (m ²)	Persen- sa (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air	5.359,10	38.377,13	33.018,03	0,2
Kawasan Perkebunan	1.491.054,52	2.436.969,66	945.915,15	6,6
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering	8.459.406,07	2.614.892,67	- 5.844.513,39	- 41,0
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah	334.720,18	520.457,29	185.737,11	1,3
Semak Belukar	3.027.540,88	-	3.027.540,88	- 21,2
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung	424.790,58	4.247.953,08	3.823.162,50	26,8
Kawasan Peruntukan Permukiman	509.601,91	1.106.024,18	596.422,27	4,2
Kawasan Peruntukan Industri	-	-	-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi	-	3.287.799,22	3.287.799,22	23,1
Jumlah	14.252.473,24	14.252.473,24		0,00

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, () = Bertambah.



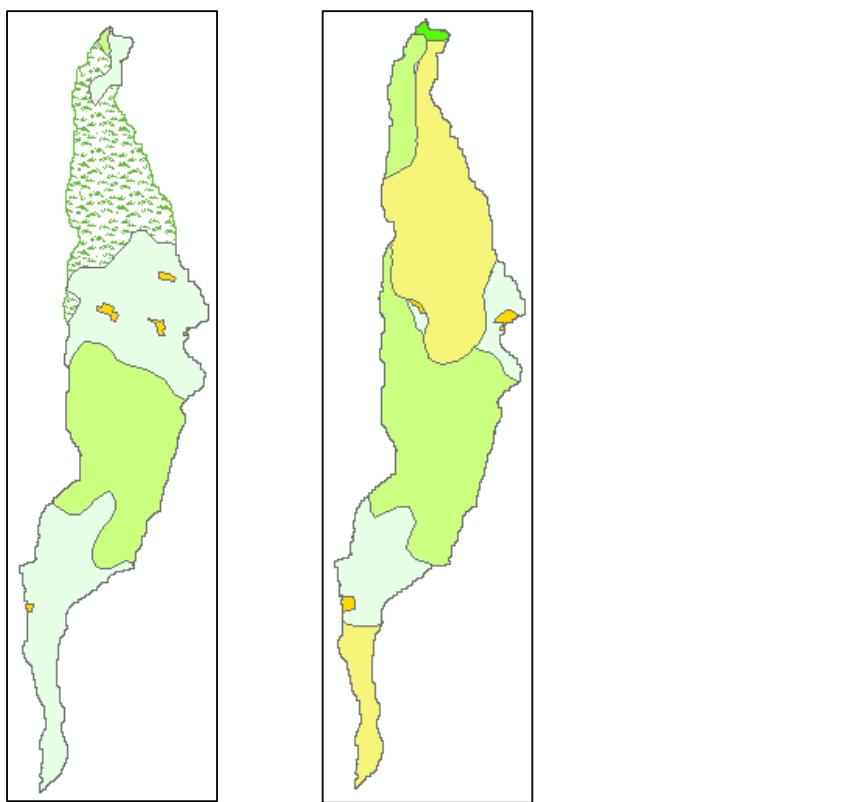
Keterangan :
 ■ Permukiman □ PLK ■ PLB ■ HL ■ Perkebunan ■ HPr ■ Semak Belukar ■ Industri ■ Mata Air

Gambar 4. 26 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 19 (K. KARANGPLOSO)

Tabel 4. 22 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. KARANGPLOSO

Tata Guna Lahan	19. K. KARANGPLOSO		Perubahan (m ²)	Prosenta s (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air	3.277,09	4.303,10	1.026,01	0,0
Kawasan Perkebunan	1.725.298,19	3.243.764,81	1.518.466,62	30,1
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering	2.758.953,46	-	2.758.953,46	54,7
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah	107.346,10	321.195,53	213.849,43	4,2
Semak Belukar	372.264,58	-	372.264,58	7,4
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung		8.162,29	8.162,29	0,2
Kawasan Peruntukan Permukiman	73.063,89	163.526,77	90.462,88	1,8
Kawasan Peruntukan Industri		4.407,30	4.407,30	0,1
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi		1.294.921,23	1.294.921,23	25,7
Jumlah	5.040.203,30	5.040.281,03		0,0

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, (+) = Bertambah.



Keterangan :

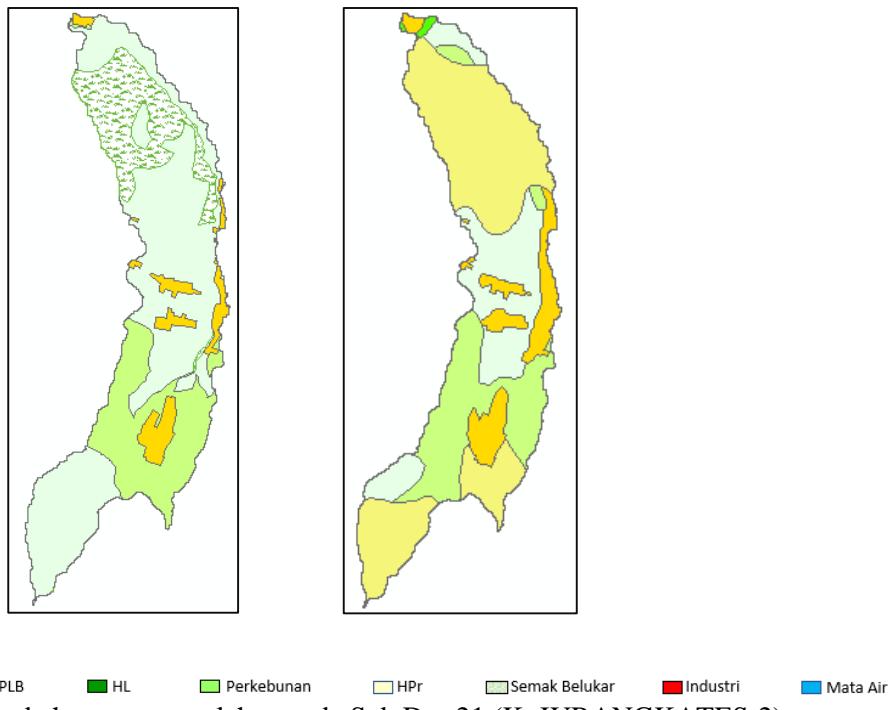
■ Permukiman ■ PLK ■ PLB ■ HL ■ Perkebunan ■ HPr ■ Semak Belukar ■ Industri ■ Mata Air

Gambar 4. 27 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 20 (K. JATIKUNCI)

Tabel 4. 23 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. JATIKUNCI

Tata Guna Lahan	Luas (m ²)		Perubahan (m ²)	Prosente (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air			-	-
Kawasan Perkebunan	1.309.457,42	1.826.335,22	516.877,80	12,0
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering	1.961.400,60	713.349,01	-1.248.051,60	-29,0
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah		26.403,76	26.403,76	0,6
Semak Belukar	1.001.874,74		-1.001.874,74	-23,3
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung			-	-
Kawasan Peruntukan Permukiman	34.828,12	34.846,33	18,20	0,0
Kawasan Peruntukan Industri			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi		1.706.626,56	1.706.626,56	39,6
Jumlah	4.307.560,88	4.307.560,87		0,00

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, () = Bertambah.

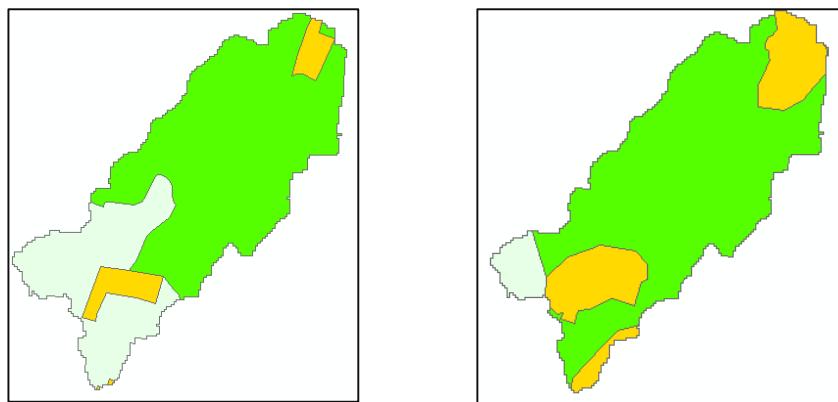


Gambar 4. 28 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 21 (K. JURANGKATES-2)

Tabel 4. 24 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. JURANGKATES-2

Tata Guna Lahan	Luas (m ²)		Perubahan (m ²)	Prosentsa e (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air			-	-
Kawasan Perkebunan	1.346.004,21	1.376.430,52	30.426,31	0,5
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering	3.428.830,67	1.366.153,56	- 2.062.677,11	- 32,8
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah	3,12	29.388,80	29.385,68	0,5
Semak Belukar	1.091.065,33	-	1.091.065,33	- 17,3
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung		63,66	63,66	0,0
Kawasan Peruntukan Permukiman	432.049,79	711.634,42	279.584,63	4,4
Kawasan Peruntukan Industri			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi		2.814.282,18	2.814.282,18	44,7
Jumlah	6.297.953,12	6.297.953,12		0,0

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, (+) = Bertambah.



Keterangan :

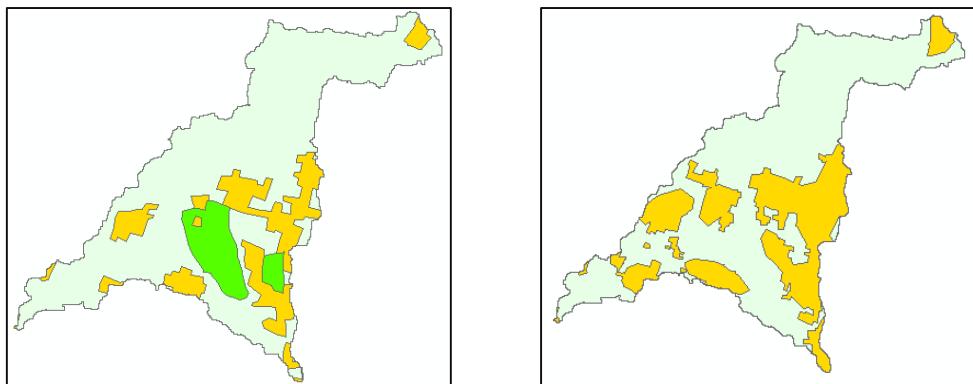
■ Permukiman ■ PLK ■ PLB ■ HL ■ Perkebunan ■ HPr ■ Semak Belukar ■ Industri ■ Mata Air

Gambar 4. 29 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 22 (K. UMBULAN-6)

Tabel 4. 25 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. UMBULAM-6

Tata Guna Lahan	Luas (m ²)		Perubahan (m ²)	Prosentsa e (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air			-	-
Kawasan Perkebunan			-	-
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering	164.393,38	28.069,55	136.323,83	22,4
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah	402.961,60	457.045,33	54.083,73	8,9
Semak Belukar			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung			-	-
Kawasan Peruntukan Permukiman	40.403,06	122.643,15	82.240,10	13,5
Kawasan Peruntukan Industri			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi			-	-
Jumlah	607.758,04	607.758,04		0,0

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, (+) = Bertambah.



Keterangan :

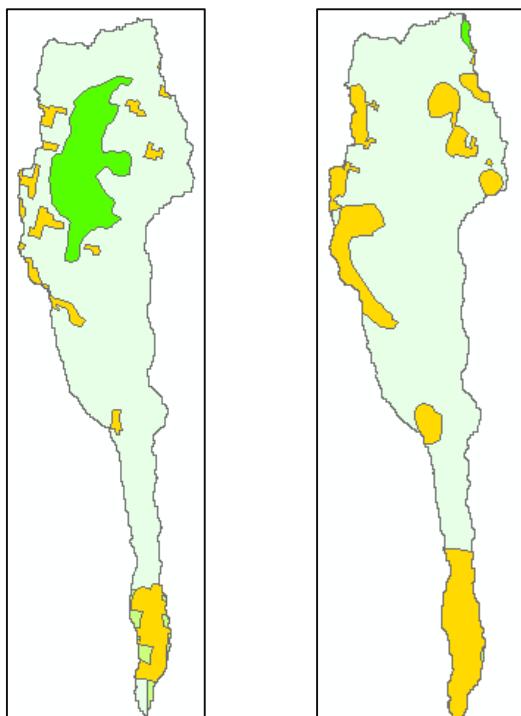
■ Permukiman ■ PLK ■ PLB ■ HL ■ Perkebunan ■ HPr ■ Semak Belukar ■ Industri ■ Mata Air

Gambar 4. 30 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 23 (K. UMBULAN-7)

Tabel 4. 26 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. UMBULAN-7

Tata Guna Lahan	23. K. UMBULAN-7		Perubahan (m ²)	Prosentase (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air			-	-
Kawasan Perkebunan			-	-
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering	1.842.165,72	1.709.009,32	-133.156,40	-5,38
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah	207.441,55	-	207.441,55	8,4
Semak Belukar			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung			-	-
Kawasan Peruntukan Permukiman	426.436,91	767.034,94	340.598,04	13,8
Kawasan Peruntukan Industri			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi			-	-
Jumlah	2.476.044,18	2.476.044,26		0,00

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, () = Bertambah.



Keterangan :

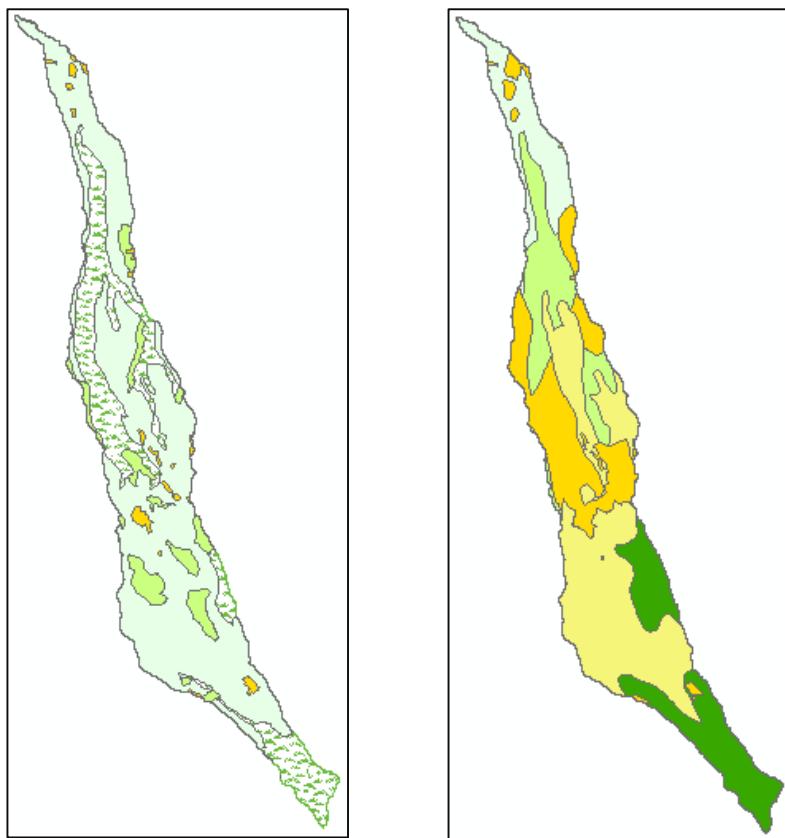
■ Permukiman ■ PLK ■ PLB ■ HL ■ Perkebunan ■ HPr ■ Semak Belukar ■ Industri ■ Mata Air

Gambar 4. 31 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 24 (K. KEPORO)

Tabel 4. 27 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. KEPORO

Tata Guna Lahan	Luas (m ²)		Perubahan (m ²)	Prosentase (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air			-	-
Kawasan Perkebunan	60.654,98	2.808,27	57.846,71	5,1
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering	3.423.948,52	3.517.104,82	93.156,29	8,2
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah	627.476,12	14.680,60	612.795,51	54,2
Semak Belukar			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung			-	-
Kawasan Peruntukan Permukiman	416.367,03	993.852,96	577.485,93	51,1
Kawasan Peruntukan Industri			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi			-	-
Jumlah	4.528.446,65	4.528.446,65		0,0

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, (+) = Bertambah.



Keterangan :

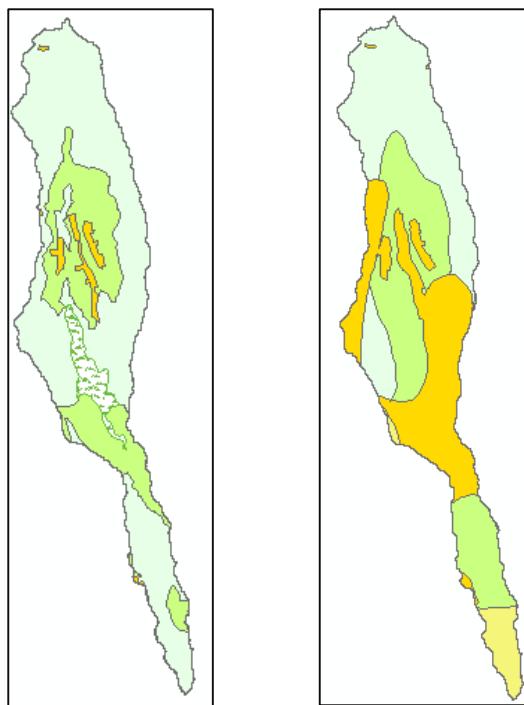
■ Permukiman ■ PLK ■ PLB ■ HL ■ Perkebunan ■ HPr ■ Semak Belukar ■ Industri ■ Mata Air

Gambar 4. 32 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 25 (K. SEMBAYUT)

Tabel 4. 28 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. SEMBAYUT

25. K. SEMBAYUT				
Tata Guna Lahan	Luas (m ²)		Perubahan (m ²)	Prosentase (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air			-	-
Kawasan Perkebunan	1.349.545,34	2.134.702,62	785.157,28	5,0
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering	10.074.369,52	1.684.472,00	8.389.897,52	53,5
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah			-	-
Semak Belukar	3.951.350,52	-	3.951.350,52	25,2
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung		2.727.438,64	2.727.438,64	17,4
Kawasan Peruntukan Permukiman	292.527,78	3.356.384,52	3.063.856,74	19,6
Kawasan Peruntukan Industri			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi		5.764.747,25	5.764.747,25	36,8
Jumlah	15.667.793,15	15.667.745,03		0,0

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, () = Bertambah.



Keterangan :

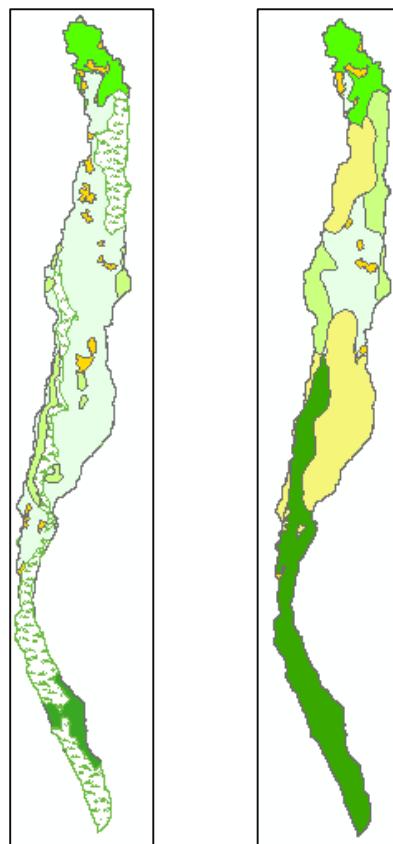
Permukiman PLK PLB HL Perkebunan HPr Semak Belukar Industri Mata Air

Gambar 4. 33 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 26 (K. SUMBERKLAKAH)

Tabel 4. 29 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. SUMBERKLAKAH

Tata Guna Lahan	Luas (m ²)		Perubahan (m ²)	Prosentase (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air			-	-
Kawasan Perkebunan	2.762.342,81	2.913.651,81	151.309,00	1,6
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering	6.292.501,15	3.267.821,46	-3.024.679,69	-31,0
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah			-	-
Semak Belukar	427.505,26		427.505,26	4,4
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung			-	-
Kawasan Peruntukan Permukiman	267.072,59	3.061.520,48	2.794.447,89	28,7
Kawasan Peruntukan Industri			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi		506.428,11	506.428,11	5,2
Jumlah	9.749.421,80	9.749.421,85		0,0

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, (+) = Bertambah.



Keterangan :

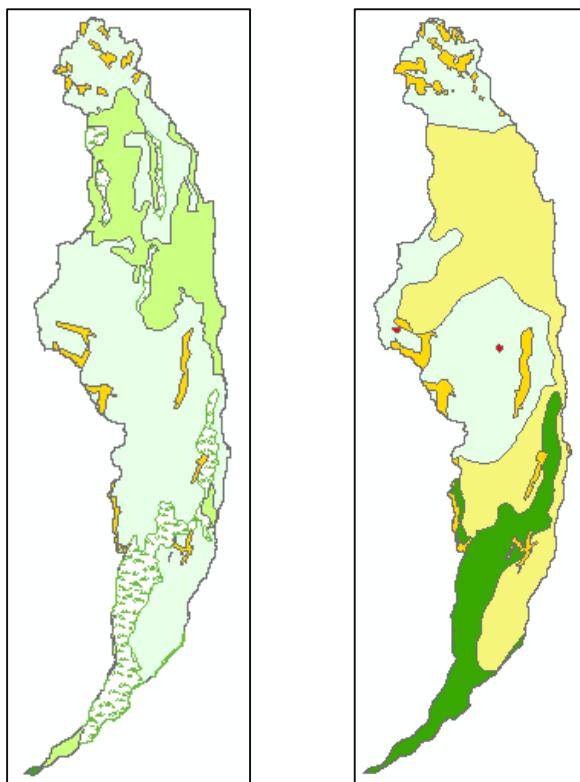
Permukiman PLK PLB HL Perkebunan HPr Semak Belukar Industri Mata Air

Gambar 4. 34 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 27 (K. KARANGANYAR)

Tabel 4. 30 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. KARANGANYAR

27. K. KARANGANYAR				
Tata Guna Lahan	Luas (m ²)		Perubahan (m ²)	Prosentase (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air			-	-
Kawasan Perkebunan	871.133,88	1.825.353,46	954.219,58	6,4
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering	7.679.751,68	2.114.979,23	- 5.564.772,45	- 37,6
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah	954.158,39	1.107.684,59	153.526,20	1,0
Semak Belukar	4.203.752,50	-	4.203.752,50	28,4
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung	577.613,13	4.300.930,90	3.723.317,78	25,1
Kawasan Peruntukan Permukiman	522.456,50	862.534,67	340.078,18	2,3
Kawasan Peruntukan Industri		13.678,31	13.678,31	0,1
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi		4.583.704,91	4.583.704,91	31,0
Jumlah	14.808.866,07	14.808.866,06		0,0

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, (+) = Bertambah.



Keterangan :

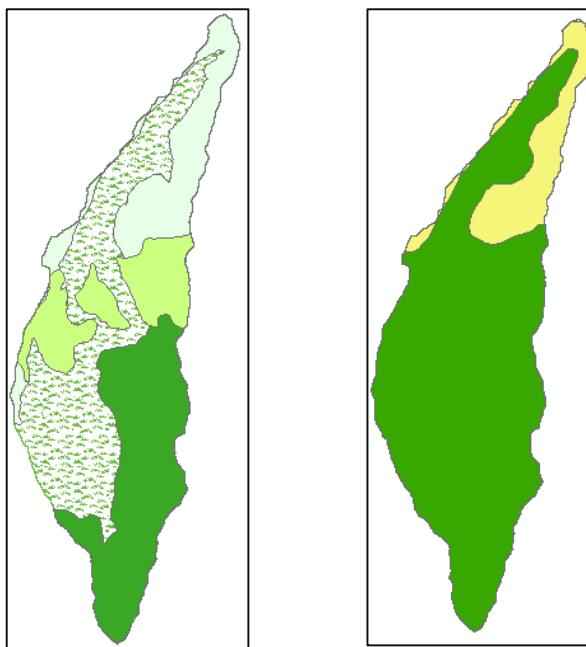
■ Permukiman ■ PLK ■ PLB ■ HL ■ Perkebunan ■ HPr ■ Semak Belukar ■ Industri ■ Mata Air

Gambar 4. 35 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 28 (K. CURAHPAOH)

Tabel 4. 31 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. CURAHPAOH

Tata Guna Lahan	28. K. CURAHPAOH		Perubahan (m ²)	Prosentase (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air			-	-
Kawasan Perkebunan	3.558.216,42	2.627,14	3.555.589,28	314,4
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering	10.979.575,83	6.015.088,60	4.964.487,24	439,0
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah	3.524,77		3.524,77	0,3
Semak Belukar	2.378.499,26		2.378.499,26	210,3
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung	17.977,60	3.128.522,32	3.110.544,72	275,1
Kawasan Peruntukan Permukiman	689.498,83	397.964,26	291.534,58	25,8
Kawasan Peruntukan Industri			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi		8.083.090,40	8.083.090,40	714,8
Jumlah	17.627.292,71	17.627.292,71		0

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, () = Bertambah.



Keterangan :

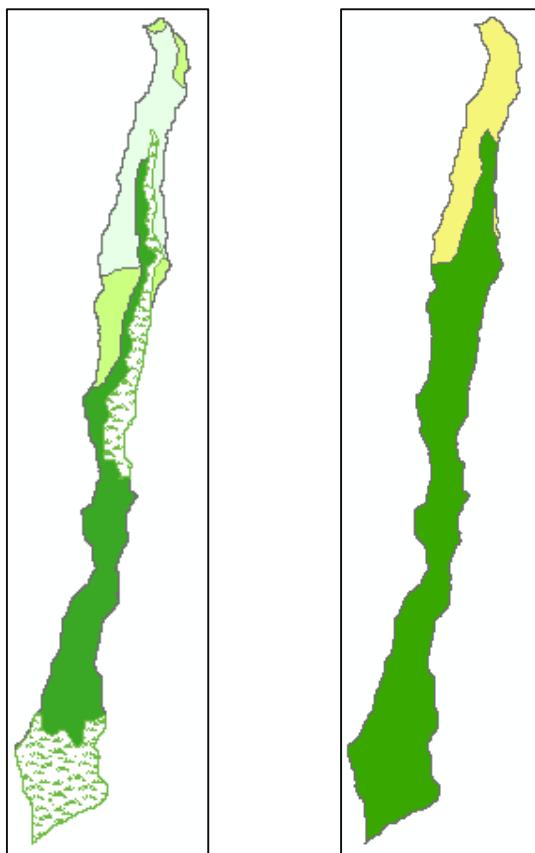
■ Permukiman □ PLK ■ PLB ■ HL ■ Perkebunan ■ HPr ■ Semak Belukar ■ Industri ■ Mata Air

Gambar 4. 36 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 29 (K. JURANG KATES-3)

Tabel 4. 32 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. JURANG KATES-3

Tata Guna Lahan	Luas (m ²)		Perubahan (m ²)	Prosentase (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air			-	-
Kawasan Perkebunan	1.717.858,81	248,76	1.717.610,05	151,9
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering	1.940.833,46	-	1.940.833,46	171,6
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah			-	-
Semak Belukar	3.802.826,70	-	3.802.826,70	336,3
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung	3.397.703,34	9.309.964,54	5.912.261,20	522,8
Kawasan Peruntukan Permukiman			-	-
Kawasan Peruntukan Industri			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi		1.549.009,01	1.549.009,01	137,0
Jumlah	10.859.222,31	10.859.222,31		0,0

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, () = Bertambah.



Keterangan :

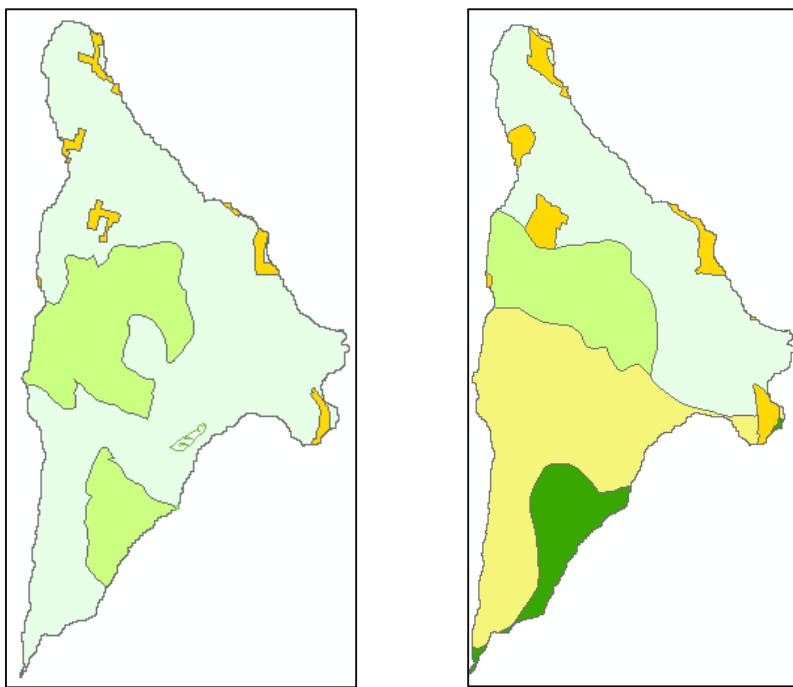
■ Permukiman ■ PLK ■ PLB ■ HL ■ Perkebunan ■ HPr ■ Semak Belukar ■ Industri ■ Mata Air

Gambar 4. 37 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 30 (K. JURANG KATES-4)

Tabel 4. 33 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. JURANG KATES-4

Tata Guna Lahan	Luas (m ²)		Perubahan (m ²)	Prosentase (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air			-	-
Kawasan Perkebunan	512.039,21	248.7662398	- 511.790,44	- 45,3
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering	1.011.281,27	-	1.011.281,27	- 89,4
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah			-	-
Semak Belukar	1.501.441,55	-	1.501.441,55	- 132,8
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung	1.897.029,28	3.979.637,91	2.082.608,63	184,2
Kawasan Peruntukan Permukiman			-	-
Kawasan Peruntukan Industri			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi		941.904,61	941.904,61	83,3
Jumlah	4.921.791,30	4.921.791,28		0,0

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, () = Bertambah.



Keterangan :

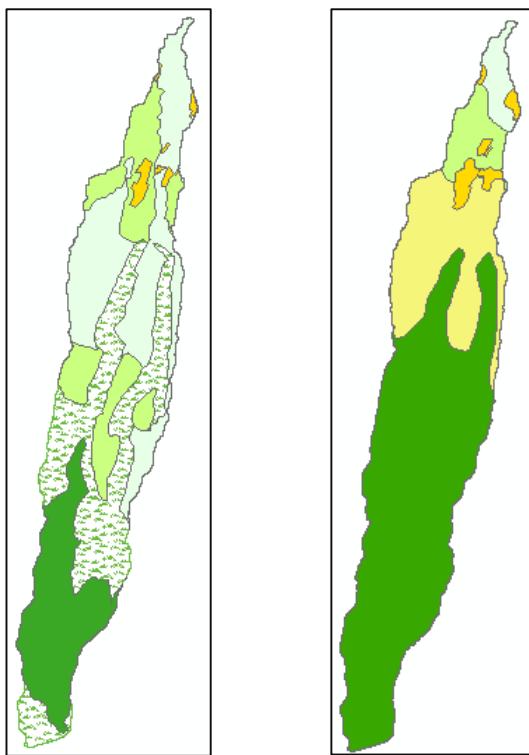
■ Permukiman ■ PLK ■ PLB ■ HL ■ Perkebunan ■ HPr ■ Semak Belukar ■ Industri ■ Mata Air

Gambar 4. 38 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 31 (K. BULUGULING-1)

Tabel 4. 34 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. BULUGULING-1

31. K. BULUGULING-1					
Tata Guna Lahan	Luas (m ²)		Perubahan (m ²)	Prosentase (%)	
	2016	2029		(%)	(%)
Kawasan Danau/Sumber Mata Air			-	-	-
Kawasan Perkebunan	1.909.488,52	1.221.905,75	- 687.582,77	-	60,8
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering	5.621.414,64	2.845.361,69	- 2.776.052,95	-	245,5
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah			-	-	-
Semak Belukar	24.789,24		- 24.789,24	-	2,2
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung		602.771,67	602.771,67		53,3
Kawasan Peruntukan Permukiman	206.142,37	396.693,42	190.551,05		16,9
Kawasan Peruntukan Industri			-	-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi		2.695.102,22	2.695.102,22		238,3
Jumlah	7.761.834,77	7.761.834,74			0,0

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, () = Bertambah.



Keterangan :

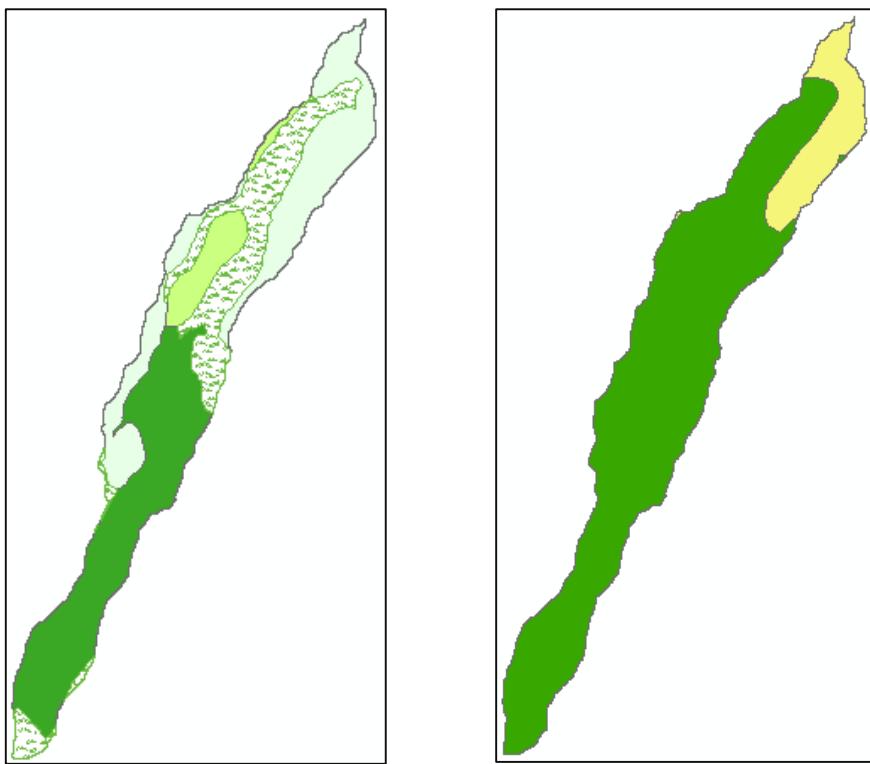
█ Permukiman █ PLK █ PLB █ HL █ Perkebunan █ HPr █ Semak Belukar █ Industri █ Mata Air

Gambar 4. 39 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 32 (K. CURAH CANDI)

Tabel 4. 35 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. CURAH CANDI

Tata Guna Lahan	Luas (m ²)		Perubahan (m ²)	Prosentase (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air			-	-
Kawasan Perkebunan	2.394.763,51	775271,6349	1.619.491,87	- 143,2
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering	3.942.808,79	504.740,07	3.438.068,73	- 304,0
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah			-	-
Semak Belukar	4.137.889,81	-	4.137.889,81	- 365,9
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung	2.814.495,00	8.829.907,21	6.015.412,20	532,0
Kawasan Peruntukan Permukiman	199.935,64	362.034,66	162.099,02	14,3
Kawasan Peruntukan Industri			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi		3.017.939,19	3.017.939,19	266,9
Jumlah	13.489.892,75	13.489.892,76		0,0

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, () = Bertambah.



Keterangan :

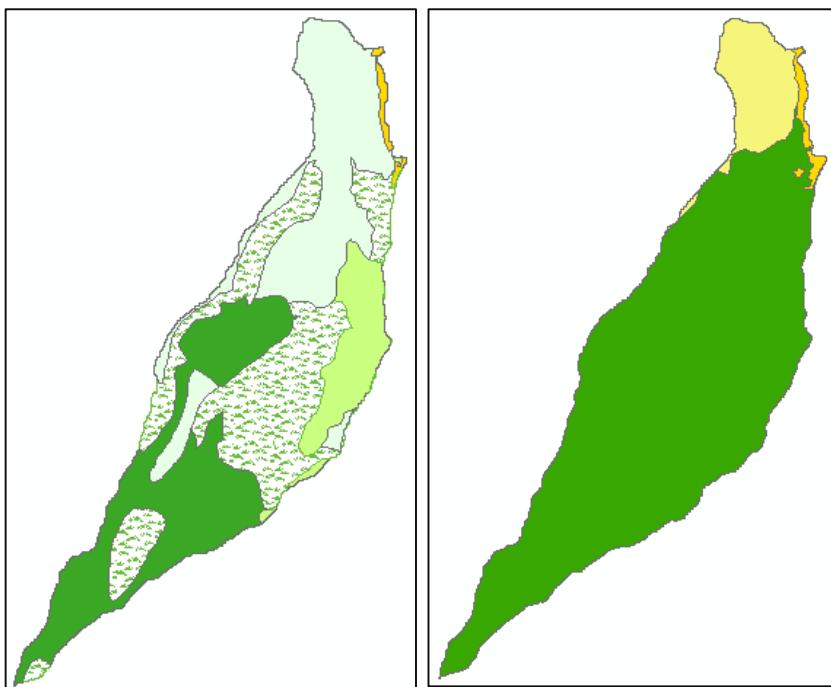
■ Permukiman □ PLK ■ PLB ■ HL ■ Perkebunan ■ HPr ■ Semak Belukar ■ Industri ■ Mata Air

Gambar 4. 40 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 33 (K. BULUGULING-2)

Tabel 4. 36 Nilai Perubahan Tata Gunan Lahan Pada Sub DAS K. BULUGULING-2

Tata Guna Lahan	Luas (m ²)		Perubahan (m ²)	Prosentase (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air			-	-
Kawasan Perkebunan	415.035,84		415.035,84	36,7
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering	1.590.201,09		1.590.201,09	140,6
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah			-	-
Semak Belukar	1.284.119,53		1.284.119,53	113,6
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung	2.061.295,19	4.599.511,19	2.538.216,01	224,5
Kawasan Peruntukan Permukiman			-	-
Kawasan Peruntukan Industri			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi		751.140,43	751.140,43	66,4
Jumlah	5.350.651,66	5.350.651,63		0,0

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, (+) = Bertambah.



Keterangan :

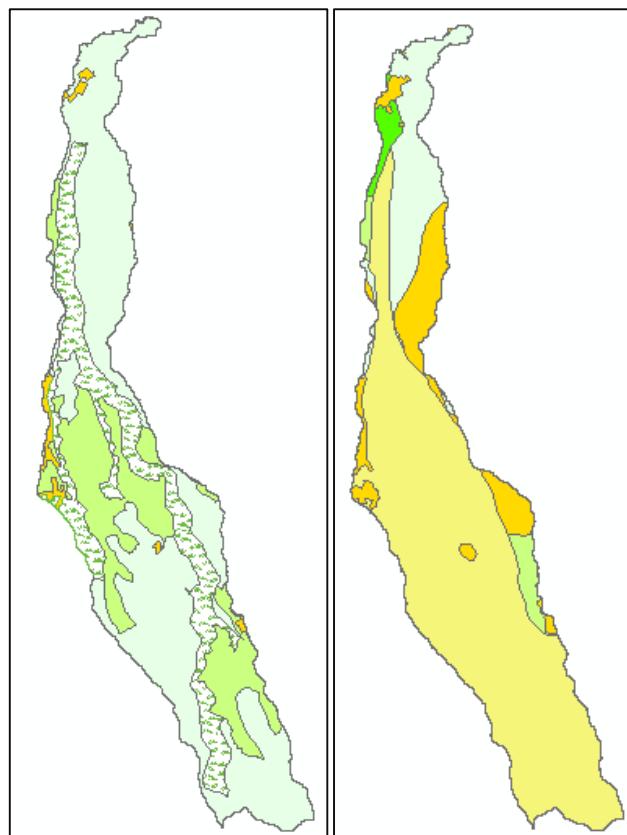
■ Permukiman ■ PLK ■ PLB ■ HL ■ Perkebunan ■ HPr ■ Semak Belukar ■ Industri ■ Mata Air

Gambar 4. 41 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 34 (K. BULUGULING-3)

Tabel 4. 37 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K Rejoso-1

Tata Guna Lahan	Luas (m ²)		Perubahan (m ²)	Prosentase (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air			-	-
Kawasan Perkebunan	709.970,81		709.970,81	10,0
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering	1.940.807,57		1.940.807,57	27,3
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah			-	-
Semak Belukar	2.276.451,95		2.276.451,95	32,1
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung	2.104.611,57	6302991,692	4.198.380,12	59,2
Kawasan Peruntukan Permukiman	64.890,31	98.593,43	33.703,12	0,5
Kawasan Peruntukan Industri			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi		695.147,06	695.147,06	9,8
Jumlah	7.096.732,21	7.096.732,18		0,00

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, () = Bertambah.



Keterangan :

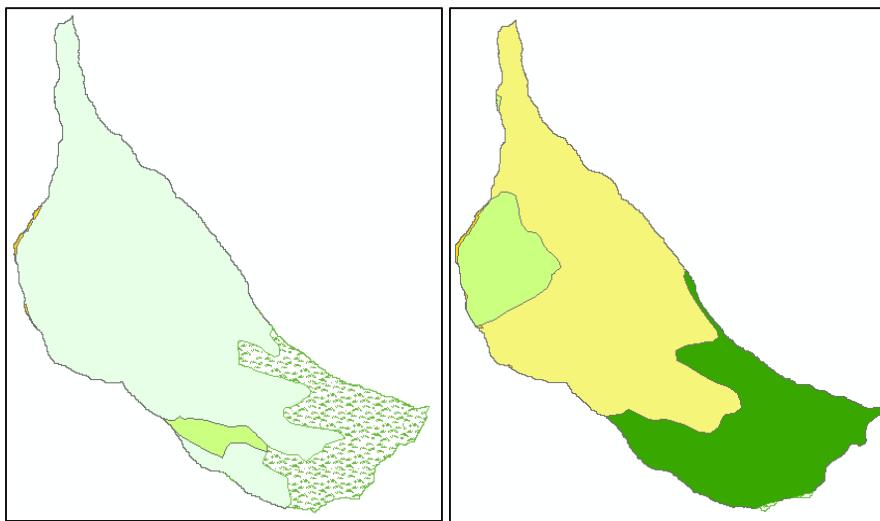
■ Permukiman ■ PLK ■ PLB ■ HL ■ Perkebunan ■ HPr ■ Semak Belukar ■ Industri ■ Mata Air

Gambar 4. 42 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 35 (K. KUCUR)

Tabel 4. 38 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. KUCUR

Tata Guna Lahan	Luas (m ²)		Perubahan (m ²)	Prosentase (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air			-	-
Kawasan Perkebunan	3.137.927,58	412.081,37	2.725.846,20	19,5
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering	7.582.911,91	1.894.419,76	5.688.492,15	40,8
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah		226.400,14	226.400,14	1,6
Semak Belukar	2.976.732,42		2.976.732,42	21,3
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung			-	-
Kawasan Peruntukan Permukiman	245.540,35	1.603.063,81	1.357.523,46	9,7
Kawasan Peruntukan Industri			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi		9.807.147,64	9.807.147,64	70,3
Jumlah	13.943.112,25	13.943.112,72		0,0

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, () = Bertambah.



Keterangan :

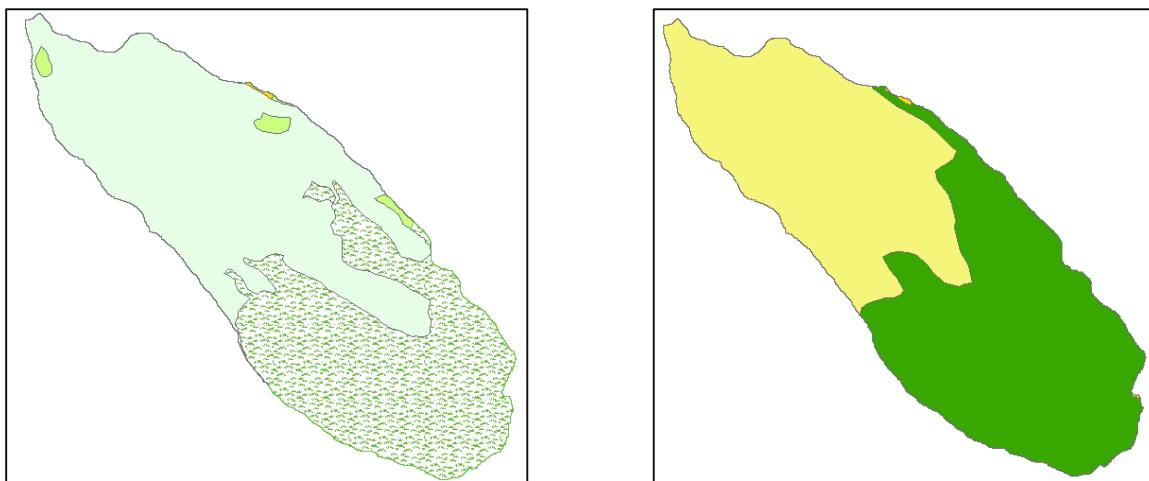
- Permukiman
- PLK
- PLB
- HL
- Perkebunan
- HPr
- Semak Belukar
- Industri
- Mata Air

Gambar 4. 43 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 36 (K. ADIGUNA)

Tabel 4. 39 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. ADIGUNA

Tata Guna Lahan	36. K. ADIGUNA		Perubahan (m ²)	Prosentase (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air			-	-
Kawasan Perkebunan	200.606,61	818.972,82	618.366,21	8,3
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering	5.862.163,31	-	5.862.163,31	78,6
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah			-	-
Semak Belukar	1.376.919,15	10.335,13	1.366.584,03	18,3
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung		2.264.712,55	2.264.712,55	30,4
Kawasan Peruntukan Permukiman	20.339,79	21.908,99	1.569,20	0,0
Kawasan Peruntukan Industri			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi		4.344.099,37	4.344.099,37	58,2
Jumlah	7.460.028,86	7.460.028,86		0,0

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, () = Bertambah.



Keterangan :

Permukiman PLK PLB HL Perkebunan HPr Semak Belukar Industri Mata Air

Gambar 4. 44 Perubahan tata guna lahan pada Sub Das 37 (K. JUBANGAN)

Tabel 4. 40 Nilai Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sub DAS K. JUBANGAN

37. K. JUBANGAN				
Tata Guna Lahan	Luas (m ²)		Perubahan (m ²)	Prosentase (%)
	2016	2029		
Kawasan Danau/Sumber Mata Air			-	-
Kawasan Perkebunan	87.841,66		87.841,66	1,2
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering	4.034.180,80		4.034.180,80	56,3
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah			-	-
Semak Belukar	3.042.873,54		3.042.873,54	42,4
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung		3.812.578,96	3.812.578,96	53,2
Kawasan Peruntukan Permukiman	5.813,68	6.951,04	1.137,36	0,0
Kawasan Peruntukan Industri			-	-
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi		3.351.179,69	3.351.179,69	46,7
Jumlah	7.170.709,68	7.170.709,69		0,0

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, () = Bertambah.

Tabel 4. 41 Rekapitlasi Penggunaan Lahan Pada DAS Rejoso Tahun 2016

Tata Guna Lahan 2016	Luas (Km²)	Luas (M²)	Prosentase (%)
Danau/Situ	0.0033	327.71	0.0014%
Perkebunan/Kebun	37.03	3,702,765.52	15.58%
Tegalan/Ladang	114.34	11,434,231.96	48.10%
Sawah	23.17	2,316,900.24	9.75%
Semak Belukar	40.41	4,040,985.32	17.00%
Hutan Rimba	13.30	1,329,551.58	5.59%
Permukiman dan Tempat Kegiatan	9.47	947,245.15	3.98%
	-		0
	-		0
Total	237.72		100%

Sumber : Analisa Perhitungan

Tabel 4. 42 Rekapitlasi Penggunaan Lahan Pada DAS Rejoso Sesuai peta RTRW Kab. Pasuruan Tahun 2009-2029

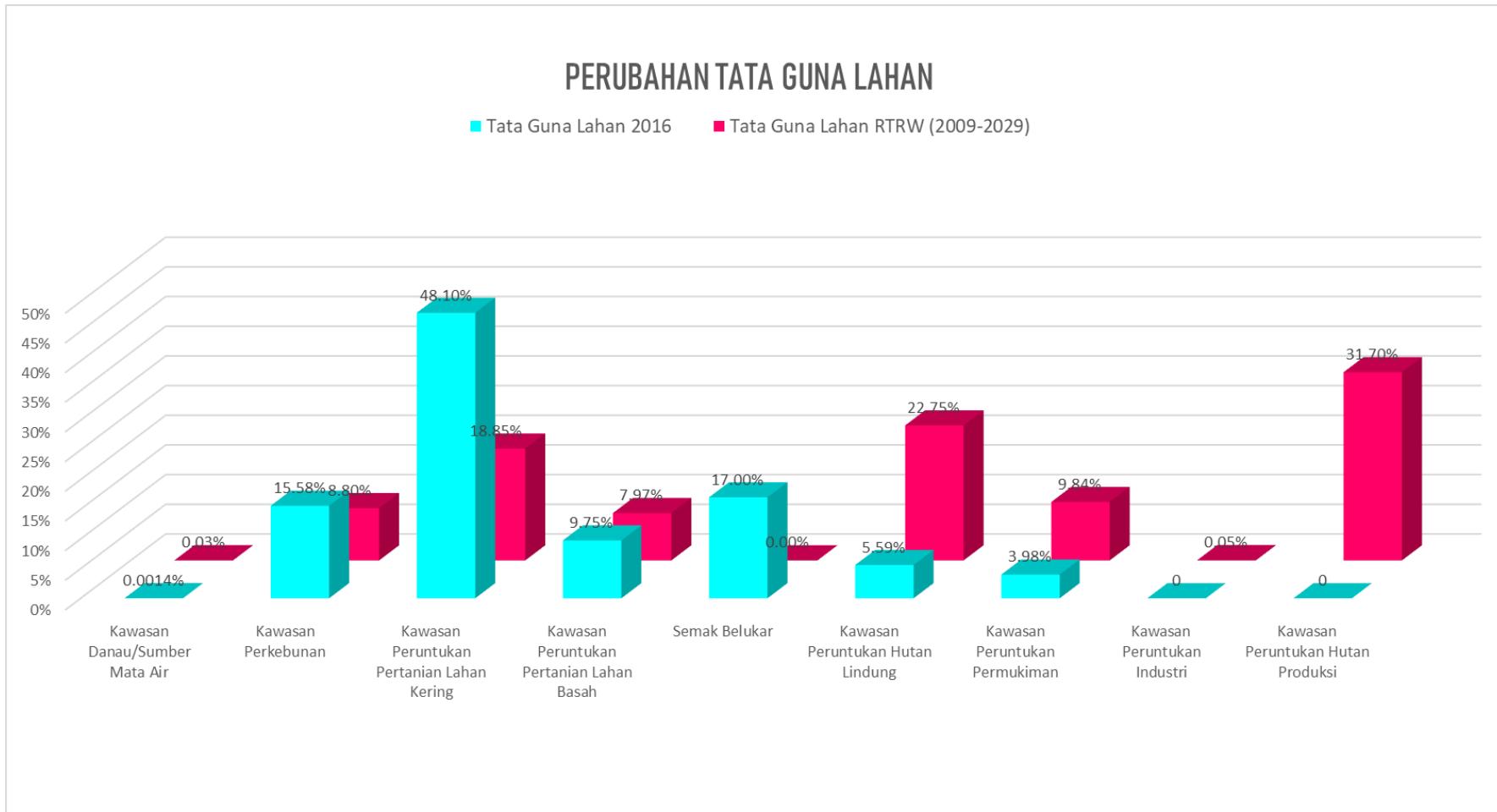
Tata Guna Lahan RTRW (2009-2029)	Luas (Km²)	Luas (M²)	Prosentase (%)
Kawasan Danau/Sumber Mata Air	0.07	7,281.53	0.03%
Kawasan Perkebunan	20.93	2,093,060.52	8.80%
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering	44.80	4,480,391.40	18.85%
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah	18.95	1,895,133.70	7.97%
Semak Belukar	0.01	1,033.51	0.00%
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung	54.07	5,407,314.92	22.75%
Kawasan Peruntukan Permukiman	23.39	2,339,144.49	9.84%
Kawasan Peruntukan Industri	0.13	12,770.06	0.05%
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi	75.36	7,536,136.45	31.70%
Total	237.72		100%

Sumber : Analisa Perhitungan

Tabel 4. 43 Prosentase perbandingan perubahan Tata Guna Lahan DAS Rejoso.

Tata Guna Lahan	Prosentase (%)		Perubahan
	Tahun 2016	RTRW (2009-2029)	
Kawasan Danau/Sumber Mata Air	0.0014%	0.03%	0.03%
Kawasan Perkebunan	15.6%	8.8%	-6.77%
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering	48.1%	18.8%	-29.25%
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah	9.7%	8.0%	-1.77%
Semak Belukar	17.0%	0.0%	-16.99%
Kawasan Peruntukan Hutan Lindung	5.6%	22.7%	17.15%
Kawasan Peruntukan Permukiman	4.0%	9.8%	5.86%
Kawasan Peruntukan Industri	0.0%	0.1%	0.05%
Kawasan Peruntukan Hutan Produksi	0.0%	31.7%	31.70%
Total	100%	100%	0%

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, () = Bertambah.

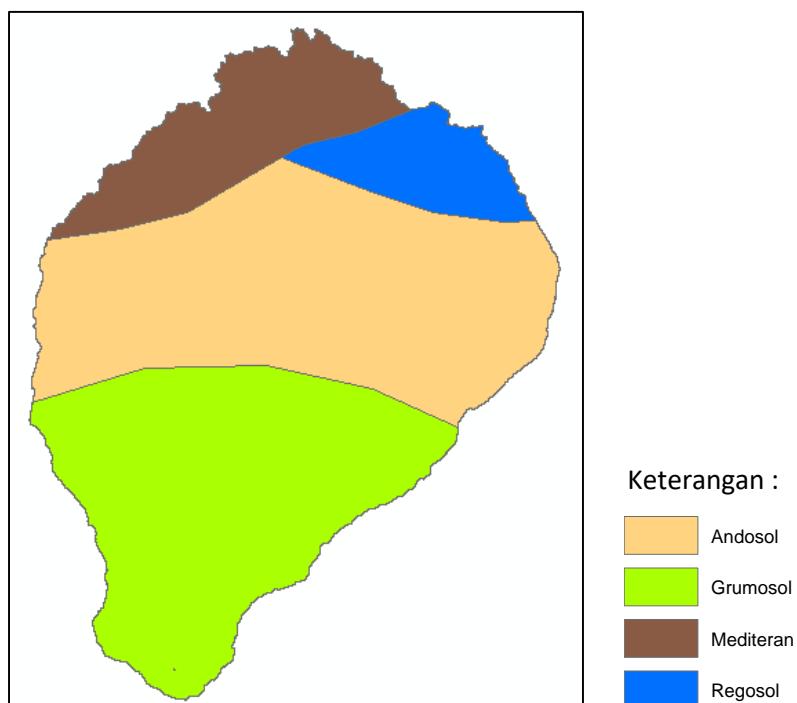


Gambar 4. 45 Grafik Perbandingan Tata Guna Lahan DAS Rejoso tahun 2016 dan RTRW (2009-2029).

Dari tabell 4.43 diatas menunjukkan bahwa kondisi tata guna lahan DAS Rejoso dari tahun 2016 hingga 2029 (Sesuai RTRW) mengalami perumbahan. Perubahan tersebut meliputi Kawasan Danau/sumber mata air bertambah 0.03%, Kawasan Perkebunan berkurang 6.77%, Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering berkurang 29.25%, Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah Berkurang 1.77%, Semak Belukar 16.99%, Kawasan Peruntukan Hutan Lindung bertambah 17.15%, Kawasan Peruntukan Permukiman 5.86%, Kawasan Peruntukan Industri bertambah 0.05%, Kawasan Peruntukan Hutan Produksi 31.70%. Dari perubahan tersebut terjadi alih fungsi lahan yang signifikan terjadi pada luas Semak Belukar diperkirakan menjadi Kawasan Hutan Produksi.

4.4 Analisa Jenis Tanah

Menurut data peta semi detail jenis tanah yang diperoleh, pada DAS Rejoso terdiri dari empat (4) jenis yaitu, Andosol, Grumosol, Mediteran dan Regosol.



Gambar 4. 46 Peta Semi Detail Jenis Tanah DAS Rejoso

Dari hasil analisa berdasarkan *Technical Reference Manual HECHMS* Adapun ciri-ciri dari jenis tanah sebagai berikut :

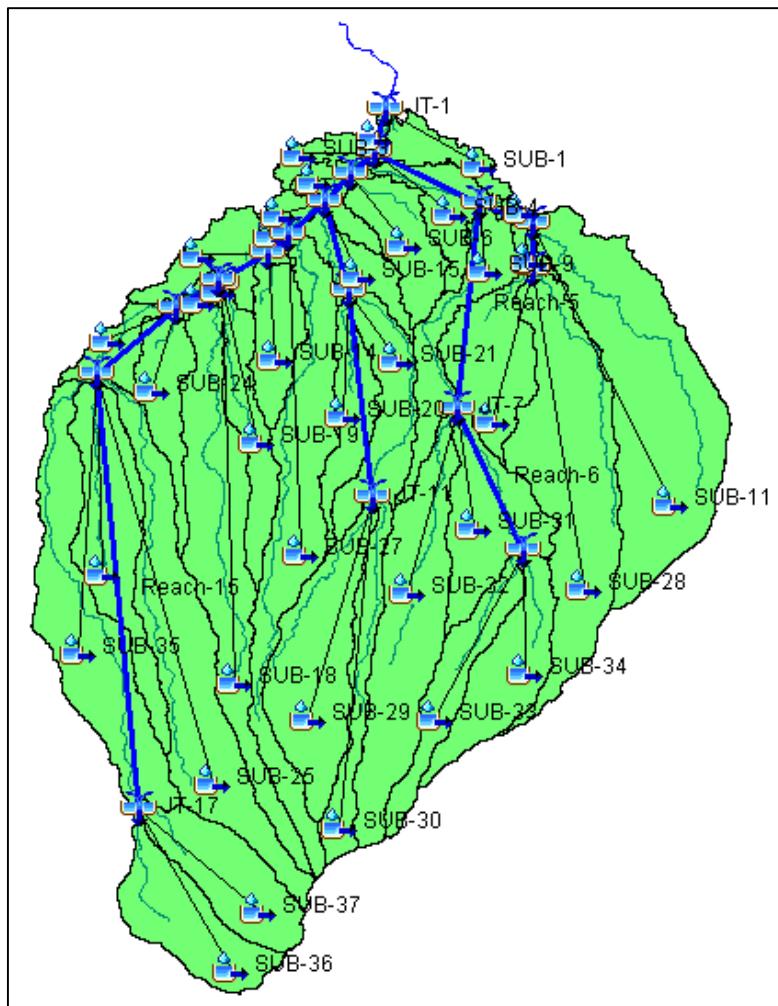
- a. *Andosol* adalah jenis tanah fulkanis bertekstur geluh berdebu, berwarna hitam, sangat porous, sangat gembur, tidak liat, tidak lekat, dan memiliki permeabilitas sangat tinggi. Berdasarkan klasifikasi jenis tanah menurut metode SCS, maka dapat diklasifikasikan dalam kelompok jenis tanah A.

- b. *Grumosol* tergolong jenis tanah dalam ordo vertisol, yaitu tanah dengan kandungan lempung yang sangat tinggi, memiliki kemampuan cukup tinggi untuk menahan air (permeabilitas lambat). Berdasarkan klasifikasi jenis tanah menurut metode SCS, maka dapat diklasifikasikan dalam kelompok jenis tanah C.
- c. *Meditoran* merupakan tanah ordo alfisol, yaitu berkembang pada iklim lembab dan karakteristik tanah yang mampu menyediakan dan menampung banyak air (permeabilitas lambat). Berdasarkan klasifikasi jenis tanah menurut metode SCS, maka dapat diklasifikasikan dalam kelompok jenis tanah C.
- d. *Regosol* merupakan tanah yang termasuk ordo entisol dan berbutir kasar, berwarna kelabu sampai kuning, memiliki permeabilitas baik. Berdasarkan klasifikasi jenis tanah menurut metode SCS, maka dapat diklasifikasikan dalam kelompok jenis tanah A.

4.5 Pemodelan Menggunakan HEC-HMS

4.5.1 Basin Model

Pada penelitian ini elemen hidrologi yang digunakan untuk mewakili kondisi DAS Rejoso terdiri dari 37 *subbasin*, 17 *junction*, serta 16 *reach*. Model HEC-HMS merupakan model semi terdistribusi yang dapat menghitung proses hidrologi di setiap sub-DAS. Hasil pemodelan DAS Rejoso ditunjukkan dalam gambar 4.43 berikut :



Gambar 4. 47 Skema Basin Model DAS Rejoso.

Setiap elemen mewakili proses hidrologi yang terdapat pada DAS Rejoso. Parameter DAS akan diinput sesuai dengan proses yang terdapat pada elemen DAS. Permodelan dengan menggunakan HEC HMS dengan input data hujan harian. Parameter yang digunakan hasil perhitungan yang disesuaikan dengan kondisi lapangan. Dalam studi ini pada sub basin parameter *Loss Methode* menggunakan *SCS Curve Number*, *Transform Methode* menggunakan *SCS Unit Hydrograph* dan untuk *Routing* menggunakan *kinematic wave*.

4.5.2 Menentukan *Curve Number*, *Initial Abstarctions* dan *Imperviousness (Loss Model)*.

Curve Number (CN) serta *imperviousness* dihitung dengan menggunakan data penutupan lahan tahun 2016 serta data Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW) Kabupaten Pasuruan tahun 2009-2029. Nilai *Curve number* masing-masing sub DAS dihitung berdasarkan bobot penutupan lahan menurut kelompok hidrologi tanahnya. Berlaku rumus sebagai berikut :

$$CN = \sum_i^n \frac{CN_i A_i}{A_{total}} = \dots \quad (4.1)$$

$$Ia = \frac{25400 - 254 \text{ CN}}{\text{CN}} = \dots \quad (4.2)$$

$$impermeable \text{ } (\%) = \sum_i^n \frac{\%imp_i A_i}{A_{total}} = \dots \quad (4.3)$$

Contoh perhitungan untuk nilai *Curve Number*, *Initial Abstarctions* dan *Imperviousness* pada Sub DAS 1 (K. REJOSO-1).

Tabel 4. 44 Perhitungan CN , I_a dan *Imperviousness* pada sub DAS K. Rejoso 1.

Sub DAS	Penggunaan Lahan	Tipe Tanah	Jenis Tanah SCS	Luas Km ² (A)	CN x A	CNcomposite	Faktor Imp.	Imp x A	Impervious (%)	Ia
K. REJOSO	Perkebunan/Kebun	Mediterran	C	70	0,11	8,00		5,00	0,57	
	Tegalan/Ladang	Mediterran	C	78	0,07	5,53		5,00	0,35	
	Sawah	Mediterran	C	82	2,03	166,67	81,21	5,00	10,16	8,89
	Semak Belukar	Mediterran	C	65	0,000053	0,00		5,00	0,00	
	Permukiman dan Tempat Kegiatan	Mediterran	C	81	0,41	33,09		30,00	12,26	
	Jumlah				2,63	213,29			23,34	

(Sumber : Analisa Perhitungan, 2020)

$$CN = \sum_i^n \frac{CN_i A_i}{A_{total}} = \frac{213,29 \times 2,63 \text{ Km}^2}{2,63 \text{ Km}^2} = 81,21$$

$$Ia = \frac{25400 - 254 \cdot CN}{CN} = \frac{25400 - (254 \cdot 81,21)}{81,21} = 58,75$$

$$impermeous \ (\%) = \sum_i^n \frac{\%imp_i A_i}{A_{total}} = \frac{23,34 \times 2,63Km^2}{2,63Km^2} = 8,89\%$$

Hasil rekapitulasi perhitungan CN, I_a dan Imperviousness pada tiap sub DAS dapat dilihat pada tabel 4.44 untuk tata guna lahan tahun 2006 dan tabel 4.45 tata guna lahan tahun 2029-2030.

Tabel 4. 45 Rekapitulasi perhitunggam *Curve Number, Initial Abstarctions* dan *Imperviousness* tiap Sub DAS tahun 2016

No	Sub DAS	Lenght (m)	Lenght (ft)	Slope (%)	CN	I _a	Impervious (%)
1	K. REJOSO	692,01	2270,476	0,003211	81,21	58,75	23,34
2	K. REJOSO	1323,29	4341,73	0,003359	79,42	65,83	14,03
3	K. UMBULAN-1	1638,85	5377,064	0,001356	79,58	65,18	7,19
4	K. GEDE-1	3460,00	11352,27	0,004496	77,43	74,06	9,33
5	K. UMBULAN-2	1644,27	5394,834	0,000676	79,90	63,89	10,68
6	K. JELADRI	2250,00	7382,257	0,002963	72,80	94,92	7,59
7	K. GEDE-2	1702,39	5585,536	0,004569	72,78	95,00	9,42
8	K. UMBULAN-3	1561,62	5123,684	0,005692	80,31	62,28	7,86
9	K. KEDUNGSANGKAN	6713,54	22027,13	0,027142	57,06	191,14	9,06
10	K. PENDOSO	1305,74	4284,132	0,000851	58,65	179,10	10,98
11	K. GEDE-3	10554,29	34628,62	0,018950	48,81	266,34	5,74
12	K. UMBULAN-4	915,04	3002,236	0,006071	79,87	64,01	6,17
13	K. UMBULAN-5	2656,07	8714,577	0,000837	79,72	64,60	5,94
14	K. WINONGAN	1472,82	4832,328	0,006035	57,82	185,33	5,18
15	K. JURANGKATES-1	2929,41	9611,39	0,008724	71,09	103,32	7,55
16	K. KARANGJATI	2081,51	6829,426	0,006939	53,48	220,92	5,74
17	K. PORANGAN	137,20	450,145	0,024296	82,00	55,76	5,00
18	K. GURITWESI	12141,68	39836,86	0,111004	63,07	148,71	5,74
19	K. KARANGPLOSO	4577,22	15017,86	0,069911	55,98	199,77	5,36
20	K. JATIKUNCI	3007,71	9868,29	0,049502	54,59	211,31	10,77
21	K. JURANGKATES-2	7040,68	23100,47	0,054761	55,96	199,92	6,72
22	K. UMBULAN-6	1785,92	5859,6	0,009954	79,26	66,48	6,66
23	K. UMBULAN-7	1486,73	4877,976	0,000319	77,31	74,56	9,31
24	K. KEPORO	1328,86	4359,977	0,025084	66,42	128,44	7,30
25	K. SEMBAYUT	12639,52	41470,25	0,033669	71,81	99,69	5,47
26	K. SUMBERKLAKAH	5751,86	18871,84	0,117643	58,67	178,92	5,70
27	K. KARANGANYAR	15056,96	49401,9	0,082206	66,60	127,39	5,71
28	K. CURAHPAOH	8256,39	27089,23	0,010093	55,61	202,75	5,95
29	K. JURANGKATES-3	6061,83	19888,86	0,085050	68,97	114,29	3,48
30	K. JURANGKATES-4	6224,67	20423,15	0,185284	67,47	122,45	3,07
31	K. BULUGULING-1	4512,68	14806,09	0,010095	63,88	143,65	5,66
32	K. CURAHCANDI	7687,04	25221,18	0,040328	70,06	108,57	4,33
33	K. BULUGULING-2	3975,20	13042,65	0,148979	70,06	108,57	3,07
34	K. BULUGULING-3	2842,48	9326,164	0,105933	68,22	118,33	3,75
35	K. KUCUR	13587,99	44582,2	0,115298	68,92	114,55	5,44
36	K. ADIGUNA	3795,63	12453,47	0,133194	75,39	82,90	5,07
37	K. JUBANGAN	2047,11	6716,567	0,132979	72,39	96,89	5,02

(Sumber : Analisa Perhitungan, 2020)

Tabel 4. 46 Rekapitulasi perhitungan *Curve Number*, *Initial Abstarctions* dan *Imperviousness* tiap Sub DAS tahun 2029/2030.

No.	Sub DAS	Lenght (m)	Lenght (ft)	Slope (%)	CN	Ia	Impervious (%)
1	K. REJOSO	692,01	2270,5	0,003211	81,4	58,07	16,9
2	K. REJOSO	1323,29	4341,7	0,003359	81,5	57,69	17,7
3	K. UMBULAN-1	1638,85	5377,1	0,001356	82,1	55,45	12,2
4	K. GEDE-1	3460,00	11352,3	0,004496	78,0	71,51	12,4
5	K. UMBULAN-2	1644,27	5394,8	0,000676	81,6	57,17	15,4
6	K. JELADRI	2250,00	7382,3	0,002963	73,7	90,83	10,1
7	K. GEDE-2	1702,39	5585,5	0,004569	71,5	101,23	11,6
8	K. UMBULAN-3	1561,62	5123,7	0,005692	81,8	56,69	11,2
9	K. KEDUNGSANGKAN	6713,54	22027,1	0,027142	55,9	200,52	10,7
10	K. PENDOSO	1305,74	4284,1	0,000851	58,2	182,55	15,2
11	K. GEDE-3	10554,29	34628,6	0,018950	46,1	296,47	6,4
12	K. UMBULAN-4	915,04	3002,2	0,006071	82,0	55,93	6,2
13	K. UMBULAN-5	2656,07	8714,6	0,000837	81,2	58,67	8,6
14	K. WINONGAN	1472,82	4832,3	0,006035	53,2	223,61	5,2
15	K. JURANGKATES-1	2929,41	9611,4	0,008724	71,5	101,25	9,5
16	K. KARANGJATI	2081,51	6829,4	0,006939	45,3	306,31	6,1
17	K. PORANGAN	137,20	450,1	0,024296	82,0	55,76	5,0
18	K. GURITWESI	12141,68	39836,9	0,111004	59,2	175,09	5,4
19	K. KARANGPLOSO	4577,22	15017,9	0,069911	43,0	336,85	5,9
20	K. JATIKUNCY	3007,71	9868,3	0,049502	37,6	421,52	5,2
21	K. JURANGKATES-2	7040,68	23100,5	0,054761	42,2	348,23	7,8
22	K. UMBULAN-6	1785,92	5859,6	0,009954	81,6	57,22	10,0
23	K. UMBULAN-7	1486,73	4878,0	0,000319	74,2	88,54	12,7
24	K. KEPORO	1328,86	4360,0	0,025084	66,2	129,76	10,5
25	K. SEMBAYUT	12639,52	41470,3	0,033669	68,3	117,74	9,5
26	K. SUMBERKLAKAH	5751,86	18871,8	0,117643	68,0	119,34	12,9
27	K. KARANGANYAR	15056,96	49401,9	0,082206	57,0	191,47	5,1
28	K. CURAHPAOH	8256,39	27089,2	0,010093	45,3	306,41	4,7
29	K. JURANGKATES-3	6061,83	19888,9	0,085050	34,8	475,42	0,7
30	K. JURANGKATES-4	6224,67	20423,1	0,185284	50,5	248,68	3,8
31	K. BULUGULING-1	4512,68	14806,1	0,010095	41,0	365,87	5,1
32	K. CURAHCANDI	7687,04	25221,2	0,040328	42,7	340,97	1,1
33	K. BULUGULING-2	3975,20	13042,6	0,148979	35,8	454,78	0,9
34	K. BULUGULING-3	2842,48	9326,2	0,105933	66,8	126,30	26,6
35	K. KUCUR	13587,99	44582,2	0,115298	64,2	141,56	4,3
36	K. ADIGUNA	3795,63	12453,5	0,133194	72,7	95,26	4,5
37	K. JUBANGAN	2047,11	6716,6	0,132979	71,7	100,34	3,5

(Sumber : Analisa Perhitungan, 2020)

Nilai *Imperviousness* yang kecil menunjukkan bahwa wilayah yang membuat presipitasi menjadi limpasan langsung juga tidak terlalu luas. Wilayah yang mengakibatkan nilai *Imperviousness* tinggi yaitu apabila luas pemukiman lebih luas dibandingkan lahan hijau. Perubahan lahan mengakibatkan perubahan nilai *curve number* serta *Imperviousness*. Nilai *Curve Number* serta *Imperviousness* pada tahun 2016 cenderung lebih besar dibandingkan berdasarkan RTRW tahun 2009-2029. Berdasarkan tabel *Curve Number* (CN) serta tabel *imperviousness* yang disusun oleh USACE (2000), menunjukkan bahwa semakin kecil nilai *curve number* menunjukkan kondisi penutupan lahan serta konservasi terhadap tanah lebih bagus, sedangkan *Imperviousness* semakin besar menunjukkan wilayah resapan lebih sedikit. Semakin kecil nilai bilangan kurva (CN) menunjukkan laju infiltrasi yang bagus, sehingga nilai *Initial Abstraction* (Ia) lebih besar. Semakin besar nilai *Initial Abstraction* artinya untuk mencapai titik jenuh tebal hujan yang dapat ditampung lebih banyak sebelum menjadi limpasan (Halwatura dan Najim 2013). Penutupan lahan sesuai RTRW memiliki nilai *Ia* yang lebih besar dibandingkan pada penutupan lahan tahun 2016. Penutupan lahan tahun 2016 lebih cepat mencapai titik jenuh dibandingkan penutupan lahan sesuai RTRW tahun 2009-2029, hal tersebut akan berdampak pada volume limpasan. Dengan volume hujan yang sama, lahan yang cepat mencapai titik jenuh memiliki volume limpasan yang lebih besar.

4.5.3 Menentukan Nilai Time Lag (*Direct Runoff Model*)

Masukan yang dibutuhkan dalam metode SCS untuk menentukan *runoff* yaitu *timelag*. *Timelag* menunjukkan jeda waktu yang dibutuhkan untuk mencapai puncak setelah kejadian hujan. Waktu yang dibutuhkan bergantung pada kondisi air tanah sebelumnya, apabila kondisi air tanah sebelumnya jenuh maka *timelag* semakin kecil. Hasil nilai timelag untuk masing-masing kondisi pada penutupan lahan tahun 2016 dan penutupan lahan sesuai RTRW tahun 2009-2029 ditunjukkan dalam Tabel 4.47 dan Tabel 4.48.

Tabel 4. 47 Perhitungan *Time Lag* Tiap sub DAS pada tahun 2016

No	Sub DAS	Lenght (m)	S	Tlag (Jam)	Tlag (min)
1	K. REJOSO	692,01	2,31	4,02	241,17
2	K. REJOSO	1323,29	2,59	6,99	419,14
3	K. UMBULAN-1	1638,85	2,57	12,98	778,86
4	K. GEDE-1	3460,00	2,92	13,84	830,27
5	K. UMBULAN-2	1644,27	2,52	18,25	1095,14
6	K. JELADRI	2250,00	3,74	13,80	828,18
7	K. GEDE-2	1702,39	3,74	8,90	533,83
8	K. UMBULAN-3	1561,62	2,45	5,96	357,50
9	K.KEDUNGSANGKAN	6713,54	7,53	16,50	989,98
10	K. PENDOSO	1305,74	7,05	24,16	1449,56
11	K. GEDE-3	10554,29	10,49	34,94	2096,29
12	K. UMBULAN-4	915,04	2,52	3,81	228,82
13	K. UMBULAN-5	2656,07	2,54	24,21	1452,40
14	K. WINONGAN	1472,82	7,30	10,20	612,06
15	K. JURANGKATES-1	2929,41	4,07	10,42	624,92
16	K. KARANGJATI	2081,51	8,70	13,99	839,65
17	K. PORANGAN	137,20	2,20	0,39	23,42
18	K. GURITWESI	12141,68	5,85	11,25	675,07
19	K. KARANGPLOSO	4577,22	7,87	7,78	466,64
20	K. JATIKUNCY	3007,71	8,32	6,84	410,43
21	K. JURANGKATES-2	7040,68	7,87	12,41	744,45
22	K. UMBULAN-6	1785,92	2,62	5,18	310,99
23	K. UMBULAN-7	1486,73	2,94	26,54	1592,22
24	K. KEPORO	1328,86	5,06	3,70	221,84
25	K. SEMBAYUT	12639,52	3,92	16,74	1004,25
26	K. SUMBERKLAKAH	5751,86	7,04	6,72	403,45
27	K. KARANGANYAR	15056,96	5,02	14,17	850,38
28	K. CURAHPAOH	8256,39	7,98	33,12	1986,92
29	K. JURANGKATES-3	6061,83	4,50	6,32	379,22
30	K. JURANGKATES-4	6224,67	4,82	4,55	273,06
31	K. BULUGULING-1	4512,68	5,66	16,56	993,37
32	K. CURAHCANDI	7687,04	4,27	10,78	646,73
33	K. BULUGULING-2	3975,20	4,27	3,31	198,54
34	K. BULUGULING-3	2842,48	4,66	3,15	189,12
35	K. KUCUR	13587,99	4,51	10,37	622,04
36	K. ADIGUNA	3795,63	3,26	2,91	174,36
37	K. JUBANGAN	2047,11	3,81	1,93	115,93

(Sumber : Analisa Perhitungan, 2020)

Tabel 4. 48 Perhitungan *Time Lag* Tiap sub DAS pada tahun 2029/2030.

No	Sub DAS	Lenght (m)	S	Tlag (Jam)	Tlag (min)
1	K. REJOSO	692,01	2,29	4,0	239,8
2	K. REJOSO	1323,29	2,27	6,5	392,6
3	K. UMBULAN-1	1638,85	2,18	12,0	719,2
4	K. GEDE-1	3460,00	2,82	13,6	815,3
5	K. UMBULAN-2	1644,27	2,25	17,3	1036,7
6	K. JELADRI	2250,00	3,58	13,5	808,4
7	K. GEDE-2	1702,39	3,99	9,2	553,0
8	K. UMBULAN-3	1561,62	2,23	5,7	341,4
9	K. KEDUNGSANGKAN	6713,54	7,89	17,0	1019,8
10	K. PENDOSO	1305,74	7,19	24,4	1466,6
11	K. GEDE-3	10554,29	11,67	37,4	2245,6
12	K. UMBULAN-4	915,04	2,20	3,6	214,1
13	K. UMBULAN-5	2656,07	2,31	23,1	1384,7
14	K. WINONGAN	1472,82	8,80	11,5	687,9
15	K. JURANGKATES-1	2929,41	3,99	10,3	617,9
16	K. KARANGJATI	2081,51	12,06	17,2	1034,2
17	K. PORANGAN	137,20	2,20	0,4	23,4
18	K. GURITWESI	12141,68	6,89	12,4	745,1
19	K. KARANGPLOSO	4577,22	13,26	10,8	650,9
20	K. JATIKUNCI	3007,71	16,60	10,7	640,4
21	K. JURANGKATES-2	7040,68	13,71	17,7	1060,7
22	K. UMBULAN-6	1785,92	2,25	4,8	288,7
23	K. UMBULAN-7	1486,73	3,49	29,1	1745,1
24	K. KEPORO	1328,86	5,11	3,7	223,2
25	K. SEMBAYUT	12639,52	4,64	18,4	1103,6
26	K. SUMBERKLAKAH	5751,86	4,70	5,3	317,0
27	K. KARANGANYAR	15056,96	7,54	18,1	1086,6
28	K. CURAHPAOH	8256,39	12,06	43,0	2582,6
29	K. JURANGKATES-3	6061,83	18,72	15,4	926,9
30	K. JURANGKATES-4	6224,67	9,79	7,0	420,6
31	K. BULUGULING-1	4512,68	14,40	29,8	1787,5
32	K. CURAHCANDI	7687,04	13,42	21,8	1307,9
33	K. BULUGULING-2	3975,20	17,90	8,1	485,2
34	K. BULUGULING-3	2842,48	4,97	3,3	196,4
35	K. KUCUR	13587,99	5,57	11,7	703,8
36	K. ADIGUNA	3795,63	3,75	3,1	188,1
37	K. JUBANGAN	2047,11	3,95	2,0	118,2

(Sumber : Analisa Perhitungan, 2020)

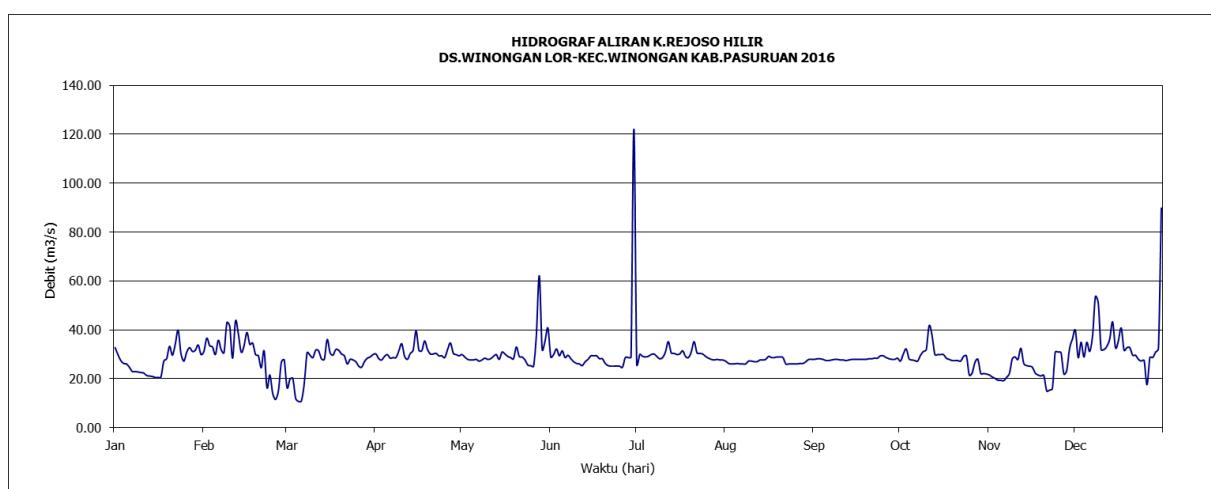
4.5.4 Menentukan Nilai Baseflow (*Baseflow Model*)

Baseflow adalah aliran dasar pada suatu DAS yang selalu ada. Pada penelitian ini metode baseflow yang digunakan adalah *Constant Monthly*, yaitu suatu metode yang berfokus pada nilai baseflow di setiap bulan. Oleh karena itu, nilai baseflow yang akan dimasukkan yaitu setiap bulan. Data baseflow yang digunakan sebagai debit observasi pada penelitian ini adalah data debit stasiun Winongan Lor.

Tabel 4. 49 Tabel Besarnya Aliran Harian (m^3/det)

Tanggal	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	32.74	31.17	16.37	30.15	29.90	28.91	25.84	27.23	27.94	27.23	21.55	39.85
2	29.90	36.61	19.78	28.18	28.91	29.90	29.90	26.29	28.18	30.15	20.75	28.66
3	27.46	33.55	20.16	27.70	27.94	32.21	29.15	26.06	28.18	32.21	20.16	34.92
4	26.29	33.01	11.96	29.15	27.70	29.40	28.91	26.06	27.94	28.18	19.40	28.91
5	26.06	29.90	10.77	29.90	27.70	31.43	29.15	26.29	27.46	27.70	19.40	34.92
6	24.72	35.75	10.90	28.42	27.94	28.66	29.90	26.06	27.46	27.46	19.21	31.17
7	22.99	31.95	18.11	28.66	27.23	29.65	30.15	26.06	27.70	27.23	20.55	37.47
8	22.99	30.66	30.66	28.66	27.70	28.18	29.15	26.06	27.94	29.65	22.16	53.60
9	22.78	42.96	29.65	31.43	28.42	26.99	28.18	27.23	27.94	31.17	28.18	51.06
10	22.57	41.38	28.66	34.36	27.94	26.29	28.66	27.23	27.70	31.95	28.91	31.95
11	22.36	28.42	31.69	29.15	28.18	26.06	30.91	26.99	27.70	41.70	27.94	31.95
12	21.34	43.60	31.43	27.94	29.15	25.38	35.19	26.99	27.46	37.77	32.48	33.28
13	21.14	38.35	28.18	30.40	29.90	26.99	30.66	27.70	27.70	29.90	26.29	36.32
14	20.95	30.91	27.94	31.69	27.94	27.94	30.40	27.70	27.94	29.90	25.38	43.28
15	20.55	33.55	36.04	39.55	30.91	29.40	29.90	27.94	27.94	29.90	25.16	32.74
16	20.55	38.95	30.66	31.69	30.15	29.40	30.15	29.15	27.94	29.90	24.72	35.47
17	20.75	34.09	29.65	31.43	29.15	29.40	31.43	28.66	27.94	28.42	22.36	40.77
18	27.23	34.64	31.95	35.47	28.66	28.18	29.15	28.66	27.94	27.94	21.55	31.69
19	28.18	29.90	31.69	31.95	28.18	28.18	28.66	28.91	27.94	27.46	21.14	32.74
20	33.28	29.40	30.15	30.15	33.01	26.29	30.91	28.91	28.18	27.46	21.34	32.74
21	29.65	24.49	29.40	30.15	29.15	25.38	35.19	28.66	28.18	27.46	15.06	29.65
22	34.09	31.43	26.06	30.40	28.91	25.16	30.66	26.06	28.42	27.23	15.38	29.65
23	39.85	16.37	27.94	29.40	27.70	25.16	30.40	26.06	28.42	29.15	16.04	27.94
24	30.15	21.55	27.70	29.40	25.61	25.16	30.15	26.06	29.40	29.40	30.91	27.23
25	27.23	13.97	26.99	28.66	25.38	25.16	29.15	26.06	29.40	21.55	30.91	27.46
26	30.91	11.55	25.16	31.95	25.16	24.72	28.42	26.06	28.66	22.36	30.66	17.58
27	32.74	15.22	24.72	34.64	38.35	28.66	27.94	26.29	28.18	26.76	21.95	28.66
28	31.17	26.76	26.99	30.40	62.12	28.66	27.70	26.29	27.94	27.94	23.41	28.66
29	31.69	27.70	28.42	29.90	31.95	28.91	27.94	26.99	27.94	22.16	32.48	30.91
30	33.82		28.91	29.40	35.47	122.06	27.70	27.94	28.42	22.16	36.32	32.48
31	29.90		29.90		40.77		27.70	27.94		21.95		89.80
Rata-rata	27.29	30.27	26.08	30.68	30.55	30.93	29.66	27.12	28.07	28.43	24.06	35.27
Aliran/km ² /det	173.9	192.9	166.2	195.5	194.7	197.1	189	172.8	178.8	181.2	153.3	224.8
Tinggi Aliran(mm)	465.8	483.2	445.1	506.7	521.4	510.8	506.1	462.8	463.6	485.2	397.3	602
Meter Kubik(10^6)	73.1	75.84	69.86	79.52	81.84	80.17	79.43	72.63	72.75	76.15	62.36	94.48

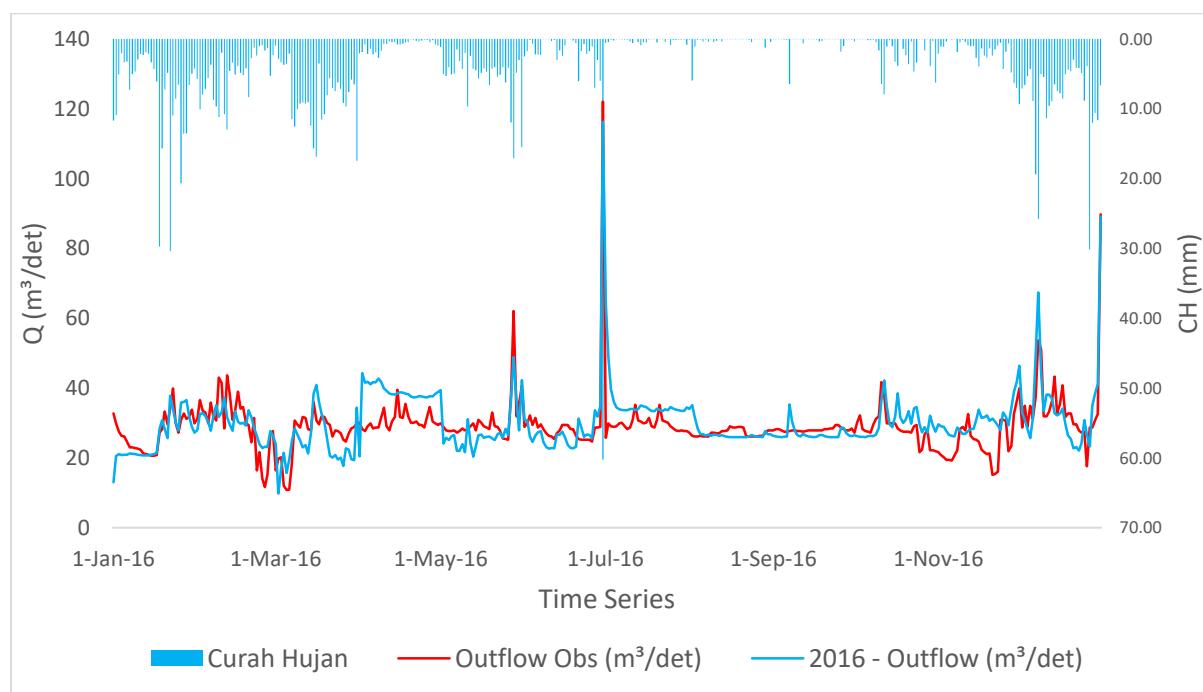
(Sumber : UPT PSDA KAB. PASURUAN)



Gambar 4. 48 Hidrograf Aliran K. Rejoso Hilir

4.6 Hasil Pemodelan Menggunakan HEC-HMS

Setelah proses pemodelan selesai dilakukan, langkah selanjutnya adalah melakukan running model. Running model bertujuan untuk memproses semua data yang telah dimasukkan sehingga menghasilkan data simulasi yang kemudian dibandingkan dengan data observasi. Hasil dari running dapat dilihat dengan beberapa pilihan yaitu View Global Summary Table, View Graph for Selected Elements, View Summary Table for Selected Elements, dan View Time-Series for Selected Elements. Adapun hasil dari running pemodelan dapat dilihat pada grafik berikut :



Sumber : Analisa Perhitungan

Gambar 4. 49 Grafik Hasil Pemodelan Aliran DAS Rejoso pada kondisi Baseline

Tabel 4. 50 Rekapitulasi Hasil Pemodelan Aliran DAS Rejoso pada kondisi Baseline

Measure	Simulated	Observed	Difference	Percent Difference	RMSE	NSE
Volume	951.441,0	916.709,3	34.732,7	3,79		
Peak Flow	116,3	122,1	-5,8	-4,7		
Time Of Peak	30Jun2016, 00:00	30Jun2016, 00:00				
Time Of Center Mess	06Jul2016, 14:55	25Dec1016, 21:52				

Sumber : Analisa Perhitungan

Hasil simulasi berdasarkan Gambar 4.45 menunjukkan bahwa hidrograf debit simulasi lebih kecil dibandingkan hidrograf debit observasi. Debit puncak pada debit simulasi terjadi pada 30 Juni 20116 sebesar $116,3 \text{ m}^3/\text{s}$. Sedangkan debit puncak pada hidrograf debit observasi terjadi pada jam 30 juni 2016 sebesar $122,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Nilai Nash hasil pemodelan belum dapat dikatakan baik karena memiliki nilai 0,39. Perbedaan tersebut terlihat jelas pada grafik hasil

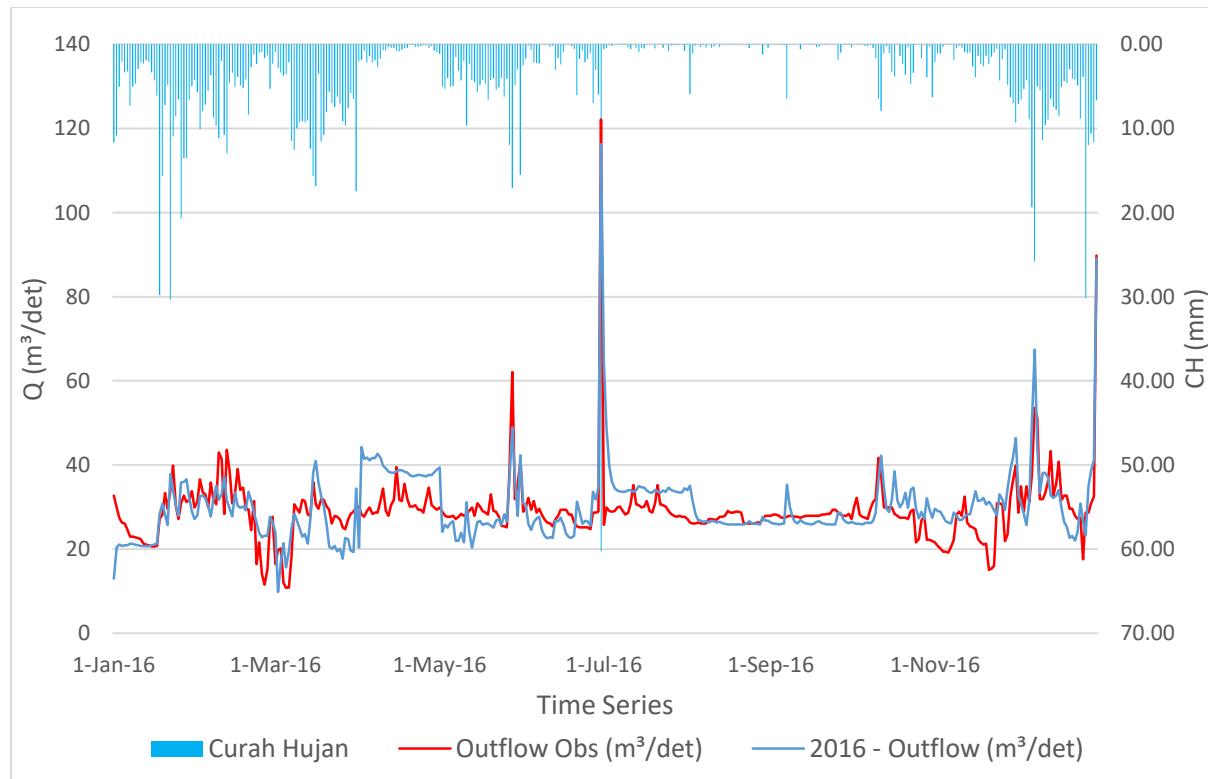
running pemodelan tersebut. Oleh karena itu perlu adanya kalibrasi dan optimisasi model agar hasil pemodelan memiliki tingkat kemiripan yang sangat baik.

4.7 Kalibrasi Pemodelan Menggunakan HEC-HMS

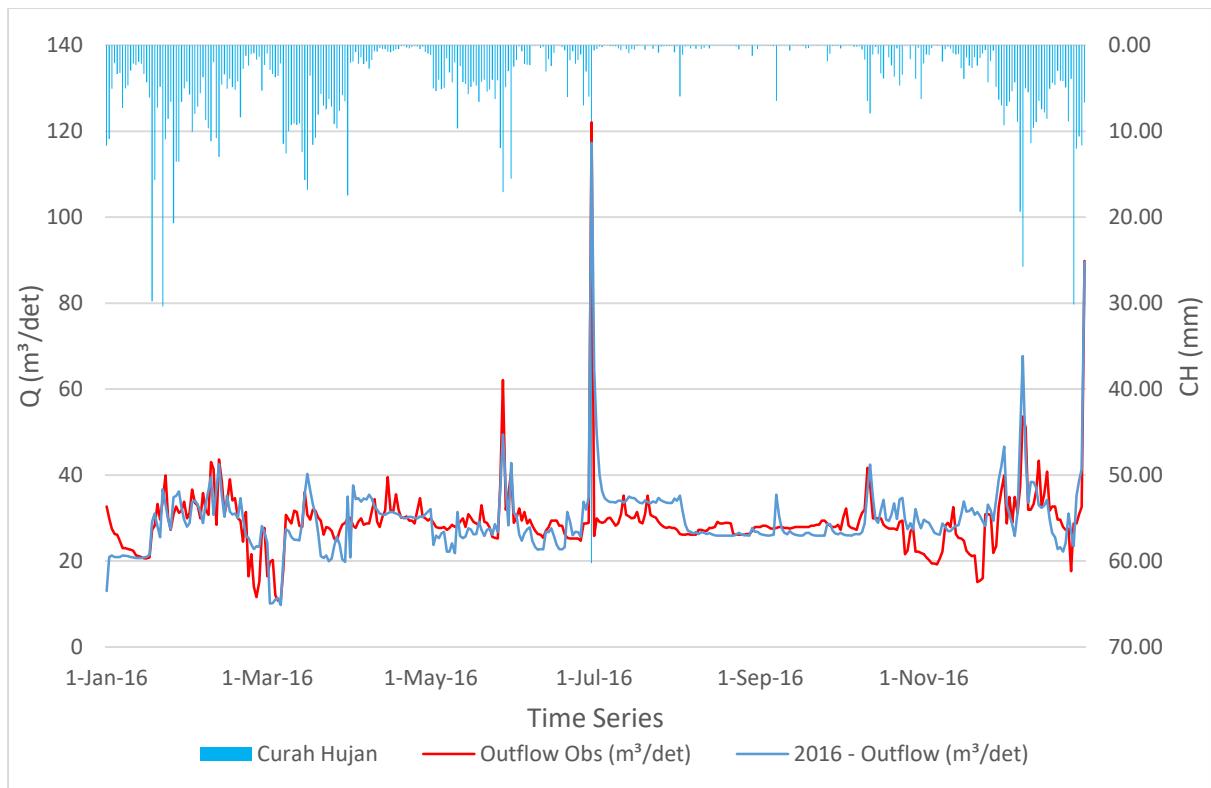
Kalibrasi dimaksudkan untuk melakukan proses pengecekan *output* dari HEC-HMS terhadap data-data yang tersedia di lapangan. Proses kalibrasi ini juga digunakan untuk mengetahui kesesuaian dari estimasi nilai parameter-parameter yang digunakan dengan nilai parameter yang sebenarnya di lapangan.

Parameter-parameter yang dikalibrasi memiliki tingkat esensivitas yang berbeda oleh karena itu perlu dilakukan perbandingan kurva hidrograf simulasi dengan kurva hidrograf observasi. Proses kalibrasi ini dilakukan dengan cara menambah atau mengurangi nilai kondisi awal (*initial condition*) dari parameter-parameter pada DAS.

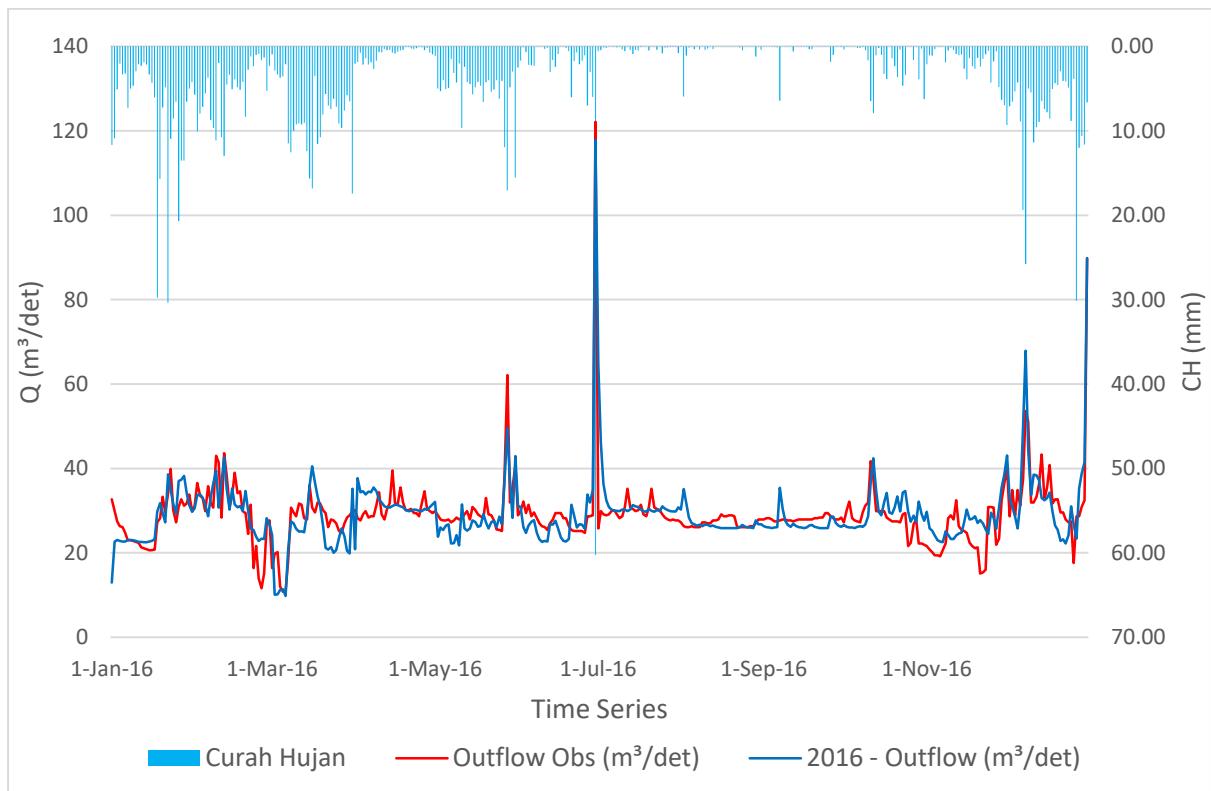
Langkah kalibrasi ini dilakukan supaya hidrograf hasil hitungan sama atau menyerupai hidrograf terukur, sehingga dalam kalibrasi ini memerlukan debit terukur dan data hujan pada rentang waktu yang sama. Pada penelitian ini dilakukan kalibrasi sampai nilai NSE model sudah baik atau dapat diterima (lihat tabel 2.7) dengan melakukan kalibrasi parameter berupa nilai *initial baseflow*, *Initial abstraction*, *Cure Number*, *Impervious*, dan *Time lag* dengan memperhatikan syarat (Lihat tabel 2.6). Berikut beberapa hasil proses kalibrasi model :



Gambar 4. 50 Grafik Hasil Kalibrasi 1 Model HEC-HMS



Gambar 4. 51 Grafik Hasil Kalibrasi 2 Model HEC-HMS



Gambar 4. 52 Grafik Hasil Kalibrasi 3 Model HEC-HMS

Tabel 4. 51 Rekapitulasi Hasil Kalibrasi 3 Parameter *Initial abstraction, Curve Number, Impervious*, dan *Time Lag*.

No	Name River	Kondisi Awal				Kalibrasi			
		Ia	CN	Impervious	Tlag (min)	Ia	CN	Impervious	Tlag (min)
1	K. REJOSO	58.75	81.21	8.89	241.17	57.84	54.16	10.89	241.17
2	K. REJOSO	65.83	79.42	14.03	419.14	64.51	46.28	14.03	419.14
3	K. UMBULAN-1	65.18	79.58	7.19	778.86	63.876	53.053	7.19	763.28
4	K. GEDE-1	74.06	77.43	9.33	830.27	72.579	51.62	9.33	553.51
5	K. UMBULAN-2	63.89	79.90	10.68	1095.14	62.612	99	10.68	730.09
6	K. JELADRI	94.92	72.80	7.59	828.18	63.28	48.533	7.49	552.12
7	K. GEDE-2	95.00	72.78	9.42	533.83	93.1	48.52	9.49	533.83
8	K. UMBULAN-3	62.28	80.31	7.86	357.50	61.034	99	7.89	357.5
9	K. KEDUNGSANGKAN	191.14	57.06	9.06	989.98	192.01	38.04	9.06	970.18
10	K. PENDOSO	179.10	58.65	10.98	1449.56	179.93	57.477	10.98	2174.3
11	K. GEDE-3	266.34	48.81	5.74	2096.29	263.11	43.929	5.75	2106.6
12	K. UMBULAN-4	64.01	79.87	6.17	228.82	64.01	99	6.71	228.82
13	K. UMBULAN-5	64.60	79.72	5.94	1452.40	63.308	99	5.94	2178.6
14	K. WINONGAN	185.33	57.82	5.18	612.06	186.18	38.547	5.18	612.06
15	K. JURANGKATES-1	103.32	71.09	7.55	624.92	204.21	79.463	7.55	624.92
16	K. KARANGJATI	220.92	53.48	5.74	839.65	221.56	35.653	5.47	559.77
17	K. PORANGAN	55.76	82.00	5.00	23.42	55.76	57.271	5	23.42
18	K. GURITWESI	148.71	63.07	5.74	675.07	223.06	94.605	5.74	675.07
19	K. KARANGPLOSO	199.77	55.98	5.36	466.64	200.72	54.86	5.36	466.64
20	K. JATIKUNCY	211.31	54.59	10.77	410.43	212.14	36.393	10.77	410.43
21	K. JURANGKATES-2	199.92	55.96	6.72	744.45	200.77	37.307	6.72	729.56
22	K. UMBULAN-6	66.48	79.26	6.66	310.99	65.15	99	6.66	311
23	K. UMBULAN-7	74.56	77.31	9.31	1592.22	49.707	99	9.31	2388.3
24	K. KEPORO	128.44	66.42	7.30	221.84	192.66	65.092	7.3	221.84
25	K. SEMBAYUT	99.69	71.81	5.47	1004.25	66.46	79.967	5.46	984.16
26	K. SUMBERKLAKAH	178.92	58.67	5.70	403.45	179.78	57.497	5.7	403.45
27	K. KARANGANYAR	127.39	66.60	5.71	850.38	191.09	65.268	5.71	566.92
28	K. CURAHPAOH	202.75	55.61	5.95	1986.92	200.4	83.415	5.95	2994.9
29	K. JURANGKATES-3	114.29	68.97	3.48	379.22	76.19	45.98	3.48	379.22
30	K. JURANGKATES-4	122.45	67.47	3.07	273.06	183.68	56.321	3.07	273.06
31	K. BULUGULING-1	143.65	63.88	5.66	993.37	215.48	42.587	5.66	973.5
32	K. CURAHCANDI	108.57	70.06	4.33	646.73	72.38	68.659	4.33	646.73
33	K. BULUGULING-2	108.57	70.06	3.07	198.54	72.38	46.707	3.07	198.54
34	K. BULUGULING-3	118.33	68.22	3.75	189.12	177.5	66.856	3.75	189.12
35	K. KUCUR	114.55	68.92	5.44	622.04	76.367	69.183	5.44	622.04
36	K. ADIGUNA	82.90	75.39	5.07	174.36	81.242	99	5.07	174.36
37	K. JUBANGAN	96.89	72.39	5.02	115.93	94.95	48.26	5.02	115.93

Sumber : Analisa Perhitungan

Berikut adalah rekapitulasi parameter hasil kalibrasi :

Tabel 4. 52 Rekapitulasi Hasil Kalibrasi 3 Parameter Baseflow

Bulan	Baseflow	Kalibrasi
Jan	20.55	0.6
Feb	11.55	0.5
Mar	10.77	0.1
Apr	27.70	0.8
May	25.16	0.4
Jun	24.72	0.6
Jul	25.84	0.8
Aug	26.06	0.7
Sep	27.46	0.7
Oct	21.55	0.7
Nov	15.06	0.6
Dec	17.58	0.35

Sumber : Analisa Perhitungan

Tabel 4. 53 Rekapitulasi Nilai *Nash-Sutcliffe* Hasil Kalibrasi

	Observasi	Kondisi Awal	Kalibrasi 1	Kalibrasi 2	Kalibrasi 3
Volume	916.709,3	951.441,0	936.641,9	932.392,5	922.2979,9
Peak Flow	122,1	116,3	117,3	119,8	116,3
Time Of Peak	30Jun2016, 00:00				
Nash-Sutcliffe	-	0,392	0,524	0,551	0,60

Sumber : analisa perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.53 dapat diketahui bahwa hasil uji keandalan model dengan nilai nash tertinggi adalah pada kalibrasi ke-3. Ini menunjukkan bahwa model pada kalibrasi ke-3 sudah cukup bagus dan dapat digunakan untuk memodelkan skenario perubahan tata guna lahan dan curah hujan.

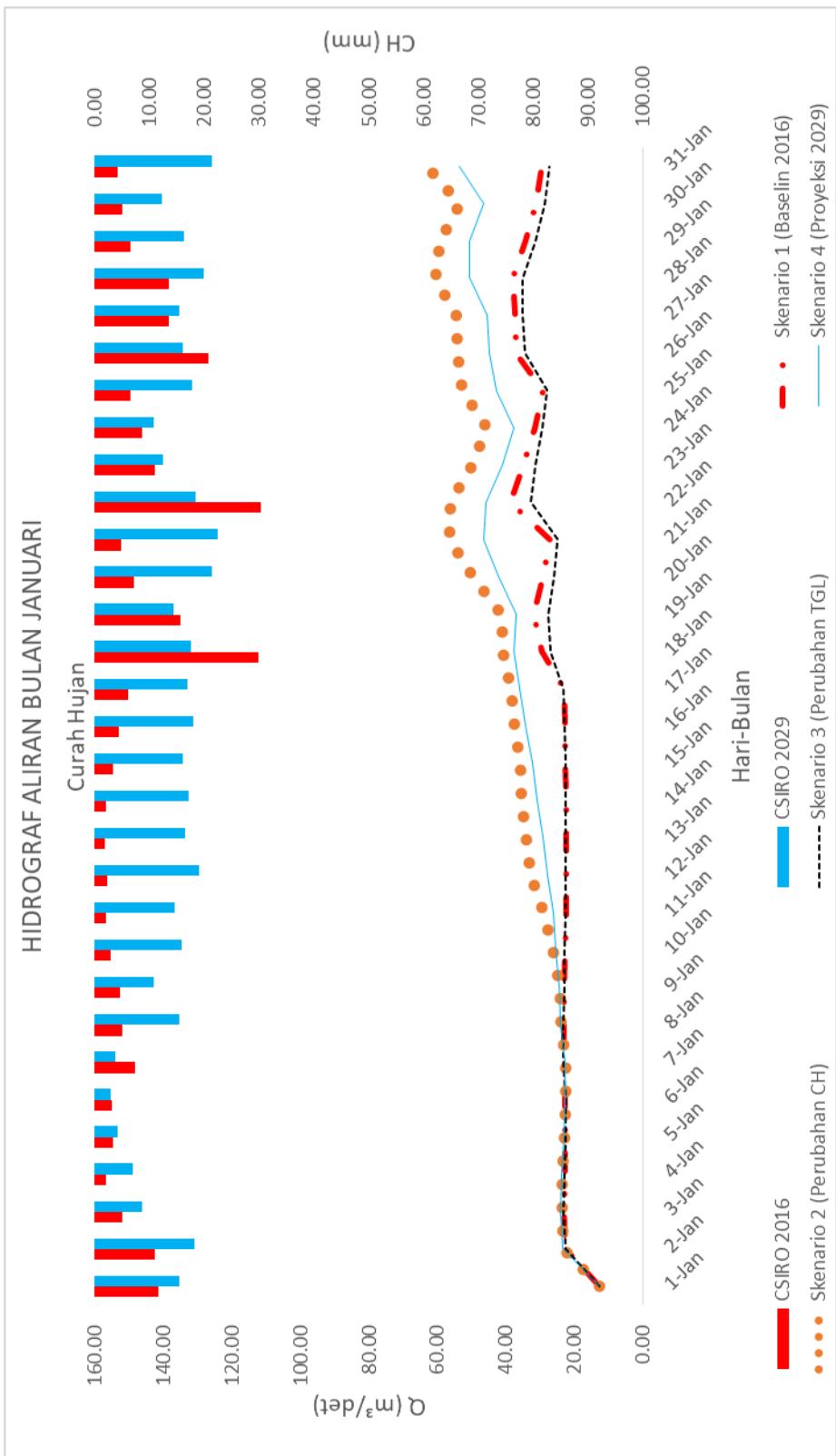
4.8 Skenario Perubahan Tata Guna Lahan dan Curah Hujan

Dalam studi ini peneliti menggunakan skenario sesuai pada Gambar 3.4 pada sub bab 3.2. sebelumnya, Parameter perubahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah curah hujan. Curah hujan baseline yaitu tahun 2015-2016, sedangkan curah hujan proyeksi yaitu tahun 2029-2030 yang telah di *downscaling* dengan metode *bias correction*. Penutupan lahan perubahan lahan yang dimaksudkan yaitu perbedaan antara penutupan lahan tahun 2016 dan RTRW Kabupaten Pasuruan tahun 2009-2029. RTRW digunakan sebagai acuan pembangunan suatu daerah, oleh karena itu penting dilakukan evaluasi penutupan lahan sesuai RTRW terhadap keseimbangan hidrologi DAS Rejoso. Hasil permodelan menggunakan *HEC HMS* dari skenario diatas dapat dilihat pada gambar beikut :

Tabel 4. 54 Perbandingan Perubahan Debit DAS Rejoso Pada Bulan Januari

Tanggal/Bulan	Debit (m³/det)			
	Skenario 1 (Baselin 2016)	Skenario 2 (Perubahan CH)	Skenario 3 (Perubahan TGL)	Skenario 4 (Proyeksi 2029)
1-Jan	13.00	12.9	12.90	12.90
2-Jan	22.70	23.4	22.70	23.40
3-Jan	23.10	23.8	23.30	24.00
4-Jan	22.80	23.5	22.90	23.70
5-Jan	22.70	23.1	22.80	23.30
6-Jan	22.70	22.8	22.80	22.90
7-Jan	23.10	22.8	23.20	22.90
8-Jan	23.10	24	23.20	24.00
9-Jan	23.00	24.4	23.10	24.40
10-Jan	22.80	26.5	22.90	25.40
11-Jan	22.60	29.1	22.70	26.10
12-Jan	22.60	32.9	22.60	27.80
13-Jan	22.50	34.3	22.60	29.10
14-Jan	22.50	35.5	22.50	30.90
15-Jan	22.70	35.9	22.70	32.30
16-Jan	22.80	37.4	22.90	34.50
17-Jan	23.20	38.5	23.20	35.90
18-Jan	29.70	40.8	27.00	37.70
19-Jan	31.80	41.3	27.60	37.20
20-Jan	29.40	49.9	26.10	42.20
21-Jan	27.20	56.5	24.90	46.40
22-Jan	38.60	56.1	32.70	45.80
23-Jan	35.00	49.9	31.40	41.00
24-Jan	31.60	45.7	29.40	37.80
25-Jan	29.30	52.7	27.90	42.80
26-Jan	37.00	54.3	34.60	44.70
27-Jan	37.30	54.6	35.10	45.50
28-Jan	38.20	60.6	35.20	50.50
29-Jan	34.20	59.2	31.50	50.50
30-Jan	31.30	53.4	28.80	46.60
31-Jan	29.70	62.9	27.40	53.80
Jumlah	838.2	1208.7	798.60	1066.00

Sumber : Analisa Perhitungan.



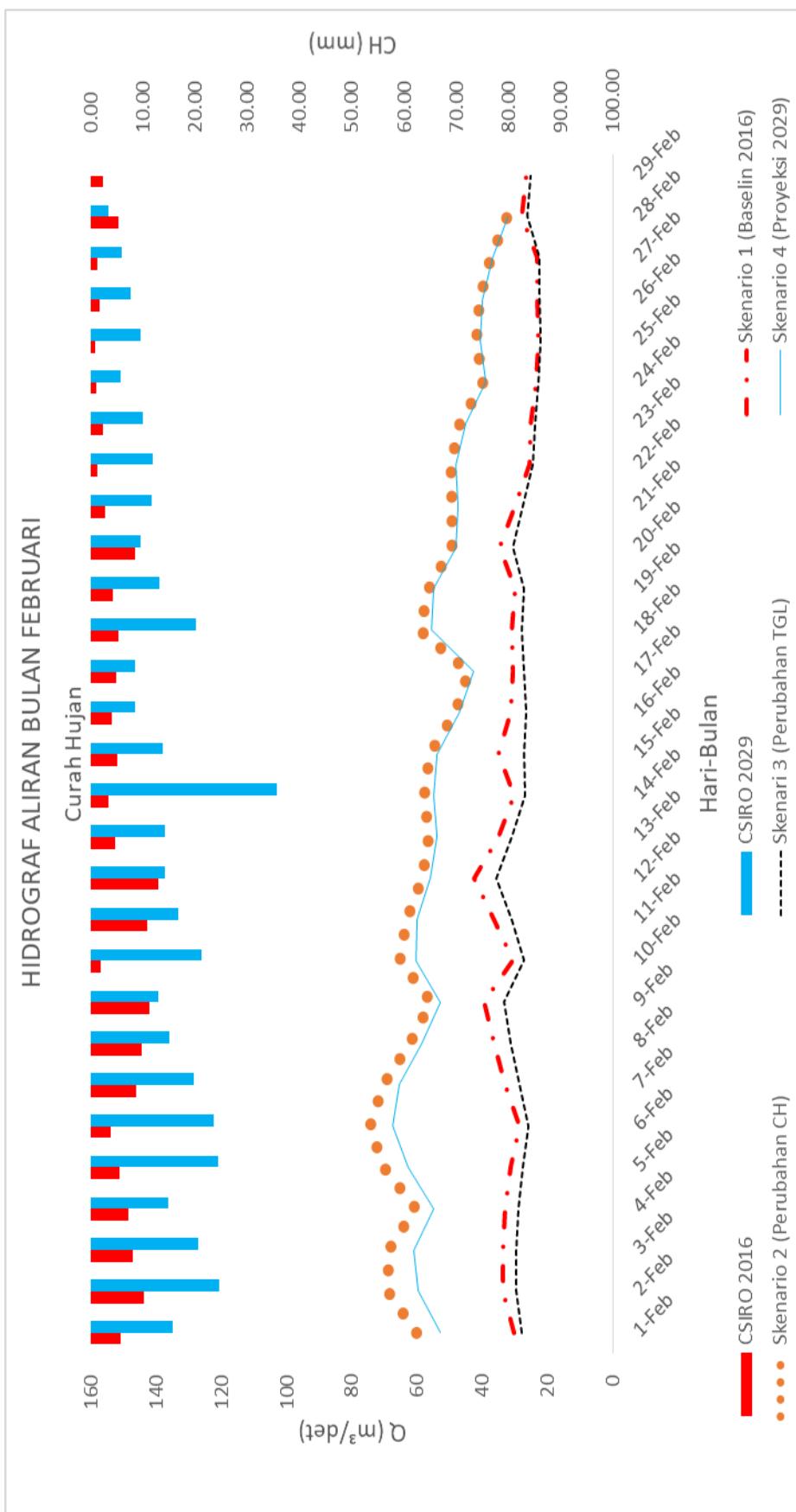
Gambar 4. 53 Hidrograf Aliran Bulan Januari

Sumber : Analisa Perhitungan

Tabel 4. 55 Perbandingan Perubahan Debit DAS Rejoso Pada Bulan Februari

Tanggal/Bulan	Debit (m³/det)			
	Skenario 1 (Baselin 2016)	Skenario 2 (Perubahan CH)	Skenario 3 (Perubahan TGL)	Skenario 4 (Proyeksi 2029)
1-Feb	30.6	60.2	27.9	53
2-Feb	33.7	69	29.6	59.7
3-Feb	33.8	68.7	29.8	61
4-Feb	33.1	60.6	29.1	55.2
5-Feb	31.4	70.6	27.8	63
6-Feb	28.7	74.5	25.9	67.7
7-Feb	33.1	70.5	28.8	65.4
8-Feb	36.4	62.5	31.3	58.7
9-Feb	39.5	56	33.5	52.9
10-Feb	30.7	65.3	27.4	60.4
11-Feb	36.7	63.4	31.2	60.1
12-Feb	42.6	58.6	35.8	56
13-Feb	35.2	56.7	31	54.1
14-Feb	30.3	58	27.2	55.2
15-Feb	35.3	56.1	27.3	53.9
16-Feb	31.5	48.3	26.7	47.2
17-Feb	30.8	44.2	27.3	42.9
18-Feb	31.1	59.4	27.9	55.7
19-Feb	30	56.5	27.4	54.9
20-Feb	34.7	49.3	30.9	48.4
21-Feb	30	49.3	27.8	47.7
22-Feb	25.8	49.9	24.5	48.3
23-Feb	25.4	47.2	24.1	45.2
24-Feb	23.8	39.9	23	39
25-Feb	22.8	42.1	22.2	40.7
26-Feb	23.4	40.9	22.6	40
27-Feb	23.3	37.6	22.6	37.1
28-Feb	28.2	32.4	26.2	32.3
29-Feb	26.7		25.4	
Jumlah	898.6	1547.7	802.20	1455.70

Sumber : Analisa Perhitungan



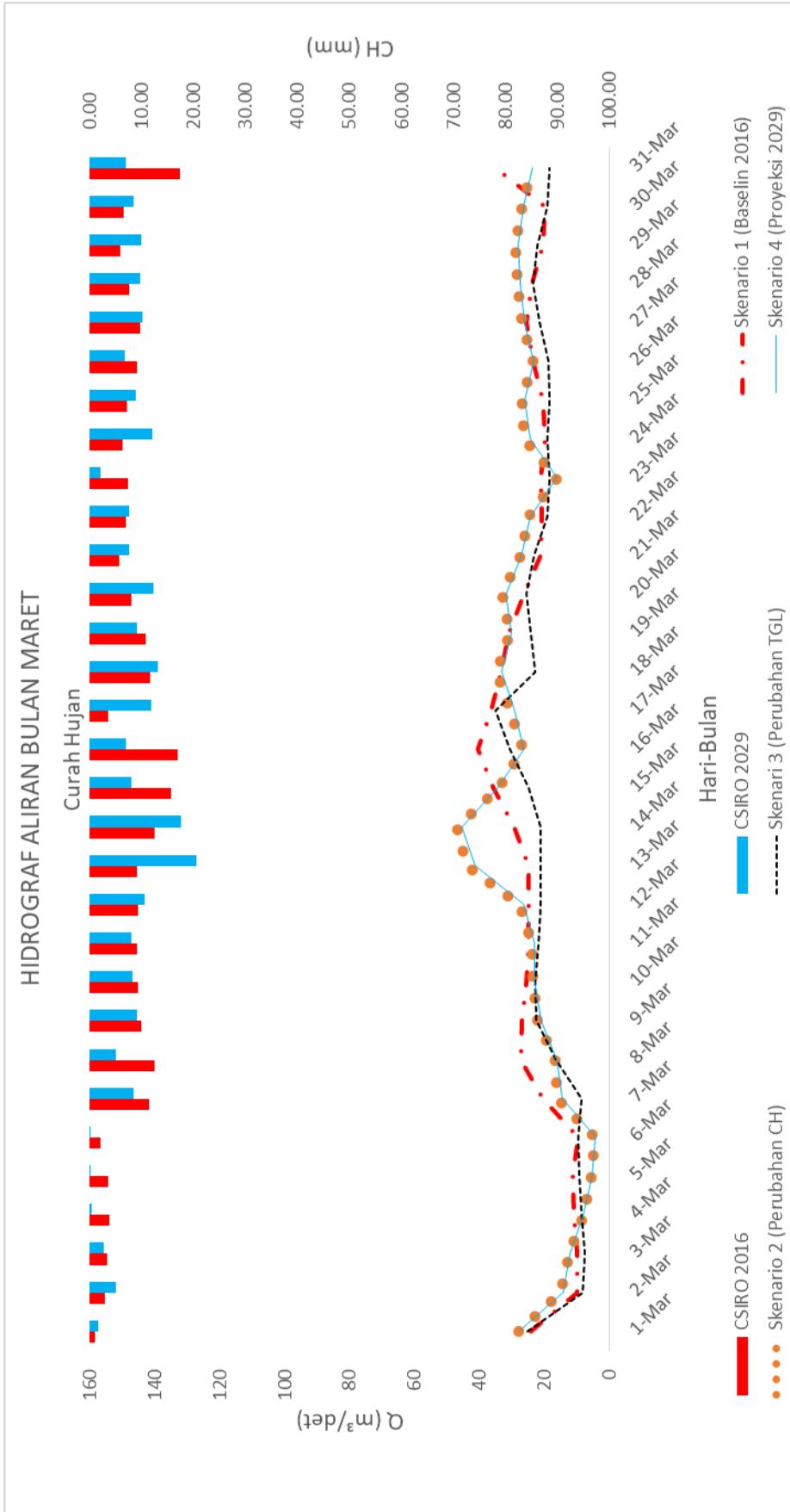
Sumber : Analisa Perhitungan

Gambar 4. 54 Hidrograf Aliran Bulan Februari

Tabel 4. 56 Perbandingan Perubahan Debit DAS Rejoso Pada Bulan Maret

Tanggal/Bulan	Debit (m ³ /det)			
	Skenario 1 (Baseline 2016)	Skenario 2 (Perubahan CH)	Skenario 3 (Perubahan TGL)	Skenario 4 (Proyeksi 2029)
1-Mar	24.2	27.9	25.4	27.8
2-Mar	10.1	15.2	8.3	14.4
3-Mar	10.2	12.5	7.6	12.2
4-Mar	11.2	8	8.7	8.2
5-Mar	11.4	5.5	9.5	5.6
6-Mar	9.8	4.6	9.8	4.5
7-Mar	20.7	16.1	8.6	14.5
8-Mar	27.5	16.8	16.6	16.4
9-Mar	27	22.3	22.7	21.1
10-Mar	25.7	23.7	22.8	23
11-Mar	25	24	21.8	23.3
12-Mar	25.1	27.8	21.3	26.6
13-Mar	24.9	44.1	21.4	41.3
14-Mar	29.3	47.1	21.4	45.7
15-Mar	35.9	34.2	25	34.6
16-Mar	40.5	26.7	30.8	26.5
17-Mar	36.6	30.7	35.3	29.4
18-Mar	33.4	34.7	23	33.4
19-Mar	31.1	30.7	24.2	30.3
20-Mar	26.5	33	25.8	31.9
21-Mar	21.2	27.5	23.4	27.3
22-Mar	20.8	24.9	19.3	24.5
23-Mar	21.4	16.1	18.7	16.5
24-Mar	20	26.2	19.3	24.4
25-Mar	20.6	26.9	18.4	26.3
26-Mar	23.6	23.7	18.8	23.6
27-Mar	25.8	27.2	21.5	26.2
28-Mar	23.9	28.3	23.7	27.7
29-Mar	20.5	29	22.4	28.3
30-Mar	19.9	27	19.3	26.6
31-Mar	35.2	24.1	18.5	23.8
Jumlah	739	745.9	613.30	745.90

Sumber : Analisa Perhitungan,



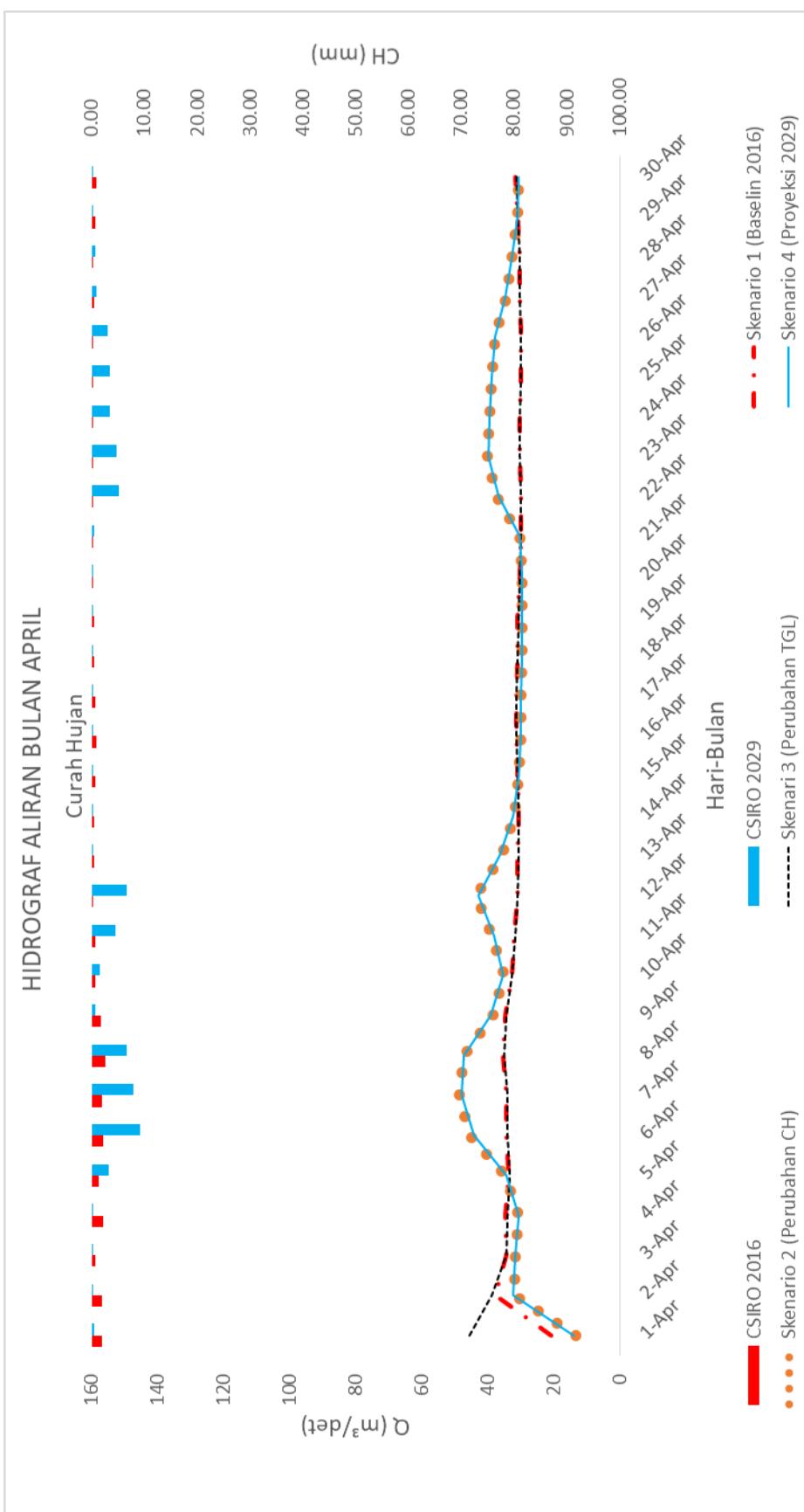
Sumber : Analisa Perhitungan

Gambar 4. 55 Hidrograf Aliran Bulan Maret

Tabel 4. 57 Perbandingan Perubahan Debit DAS Rejoso Pada Bulan April

Tanggal/Bulan	Debit (m ³ /det)			
	Skenario 1 (Baseline 2016)	Skenario 2 (Perubahan CH)	Skenario 3 (Perubahan TGL)	Skenario 4 (Proyeksi 2029)
1-Apr	20.9	13.3	45.4	14
2-Apr	37.7	32.1	38.7	32.4
3-Apr	34.4	31.6	34.3	31.6
4-Apr	34.6	30.7	34.1	30.6
5-Apr	33.8	34.7	33.5	34.2
6-Apr	34.5	45.6	34	44.3
7-Apr	34.4	48.5	34	48
8-Apr	35.5	47.4	35	47.3
9-Apr	34.6	38.4	34.3	39.1
10-Apr	32.6	35.2	32.6	35.3
11-Apr	31.9	38.7	31.7	38.1
12-Apr	31	43.5	31	42.8
13-Apr	30.8	35.8	30.7	36.5
14-Apr	30.7	32	30.6	32.2
15-Apr	31.1	30.5	31	30.6
16-Apr	31.4	30	31.3	30
17-Apr	31.3	29.8	31.2	29.8
18-Apr	31	29.7	30.9	29.7
19-Apr	30.8	29.6	30.7	29.6
20-Apr	30.2	29.6	30.2	29.6
21-Apr	29.9	30.3	29.9	30.2
22-Apr	30	37.4	30	36.6
23-Apr	30.3	40.2	30.2	39.8
24-Apr	30.2	39.4	30.2	39.3
25-Apr	30	38.7	30	38.6
26-Apr	29.9	37.9	29.9	37.8
27-Apr	30.4	34.3	30.3	34.6
28-Apr	30.2	32.6	30.2	32.6
29-Apr	30.9	31	30.8	31.1
30-Apr	31.5	30.5	31.4	30.5
Jumlah	946.5	1039	968.10	1036.80

Sumber : Analisa Perhitungan,



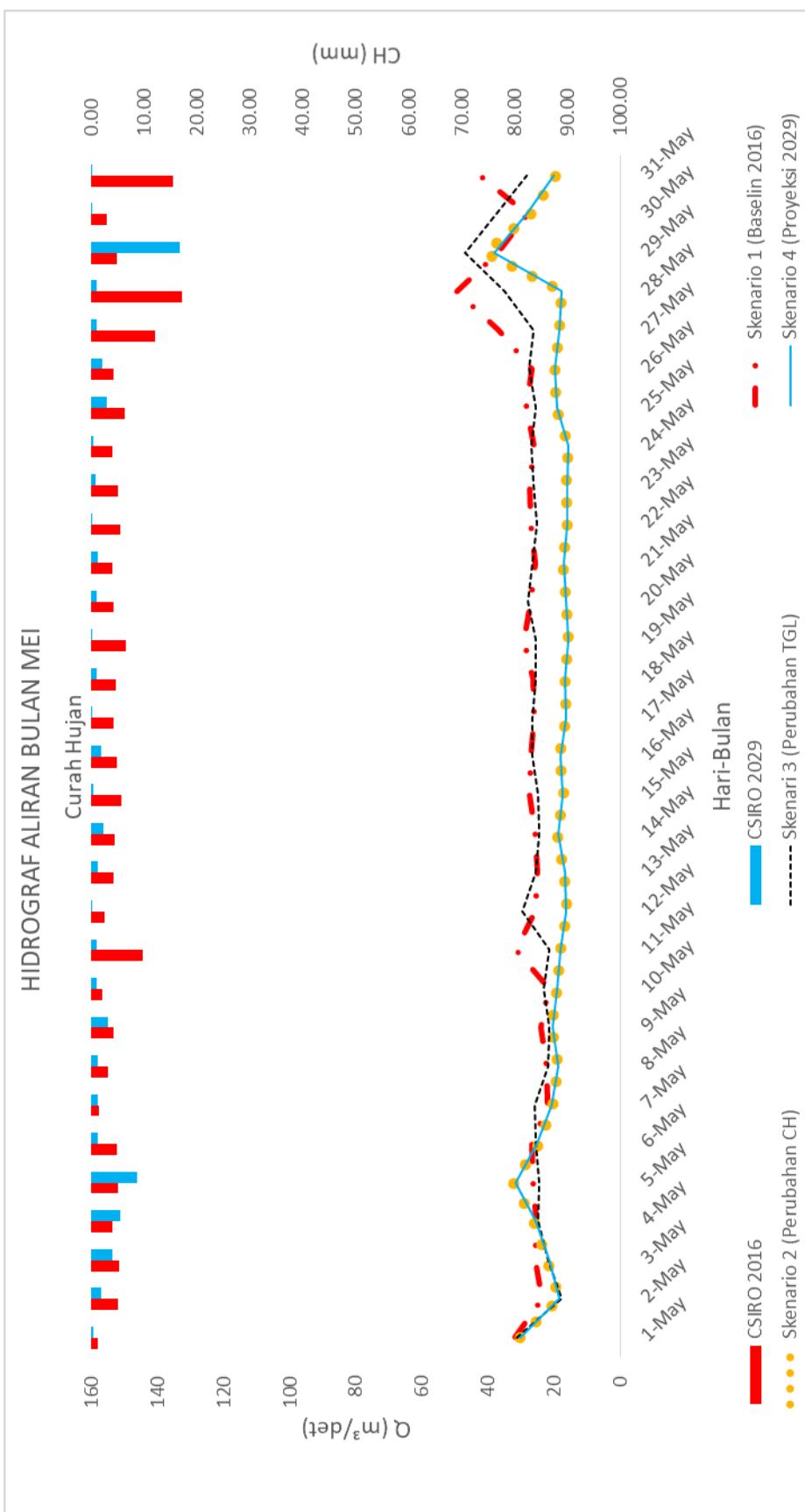
Sumber : Analisa Perhitungan

Gambar 4. 56 Hidrograf Aliran Bulan April

Tabel 4. 58 Perbandingan Perubahan Debit DAS Rejoso Pada Bulan Mei

Tanggal/Bulan	Debit (m ³ /det)			
	Skenario 1 (Baselin 2016)	Skenario 2 (Perubahan CH)	Skenario 3 (Perubahan TGL)	Skenario 4 (Proyeksi 2029)
1-May	32.1	30.4	31.4	30.4
2-May	23.8	18.7	18	18.4
3-May	26	22.2	21.9	21.6
4-May	25.4	26.4	25.1	25.8
5-May	26.5	32.6	24.8	31.8
6-May	26.8	24.7	25.7	25.4
7-May	22.2	20.6	26.1	20.8
8-May	22.3	18.9	22.1	18.9
9-May	24.2	21.1	21.7	20.7
10-May	21.8	19.2	23.4	19.3
11-May	31.5	18.1	21.6	18.1
12-May	25.8	16.3	29.6	16.4
13-May	25.3	17.2	25.8	17
14-May	25.8	19.3	24.8	19
15-May	27.7	17.3	25.1	17.5
16-May	27.3	18.4	26.8	18.2
17-May	26.2	16.5	26.7	16.6
18-May	26.4	16.9	25.7	16.8
19-May	29.2	15.8	25.7	15.8
20-May	27.2	16.5	28.2	16.4
21-May	25.8	17.4	26.8	17.3
22-May	27.3	16.1	25.4	16.2
23-May	27.6	16.4	26.5	16.3
24-May	26.1	16	26.9	16
25-May	28.6	19.7	25.7	19.2
26-May	26.8	20	27.6	19.9
27-May	37.1	18.6	26.4	18.7
28-May	49.5	17.8	35.1	17.8
29-May	37.1	40.9	47	38.3
30-May	28.3	27	37.5	28.4
31-May	42.9	19.5	28.4	20.1
Jumlah	880.6	633.1	833.50	633.10

Sumber : Analisa Perhitungan.



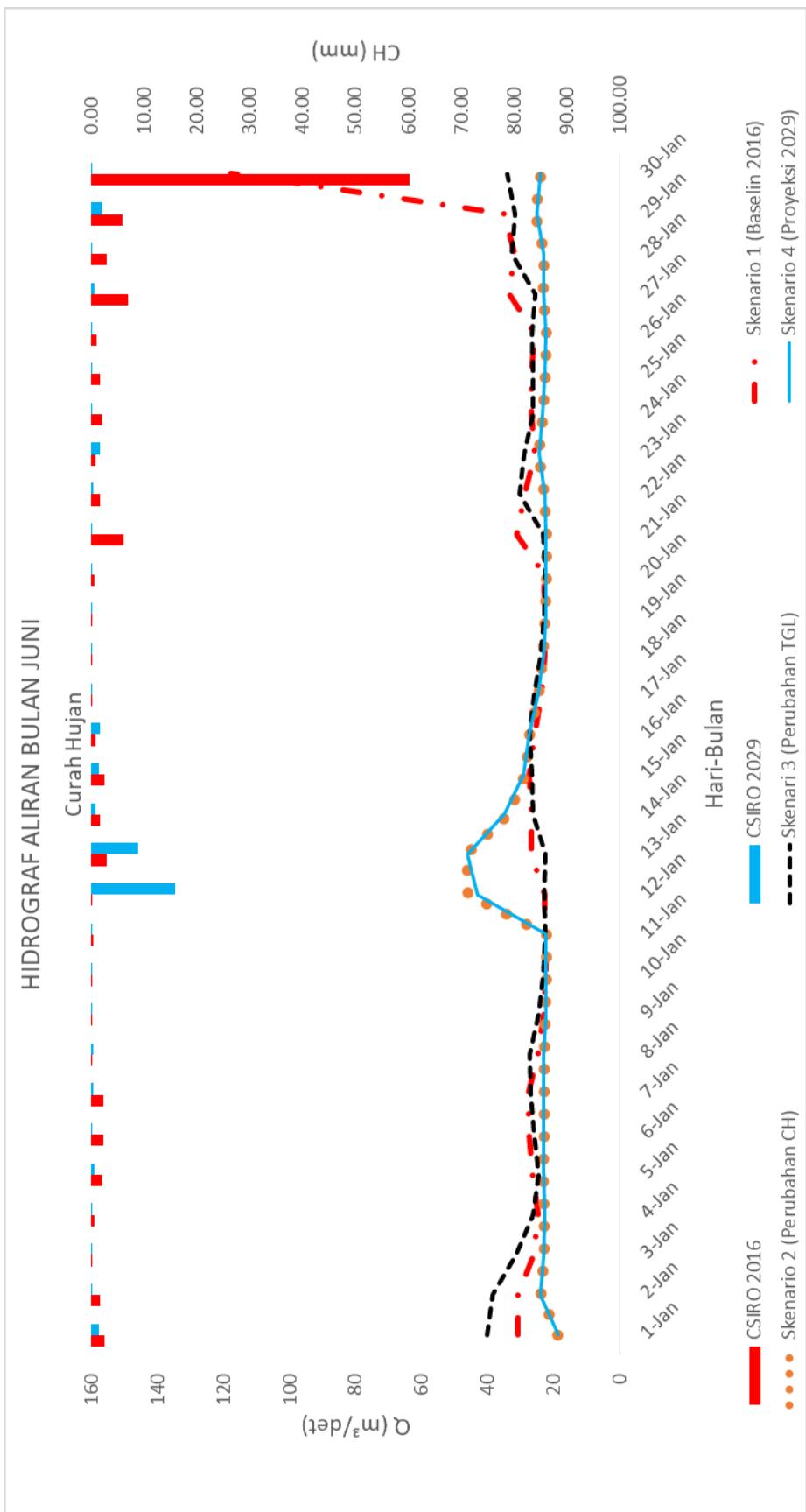
Sumber : Analisa Perhitungan

Gambar 4. 57 Hidrograf Aliran Bulan Mei

Tabel 4. 59 Perbandingan Perubahan Debit DAS Rejoso Pada Bulan Juni

Tanggal/Bulan	Debit (m ³ /det)			
	Skenario 1 (Baselin 2016)	Skenario 2 (Perubahan CH)	Skenario 3 (Perubahan TGL)	Skenario 4 (Proyeksi 2029)
1-Jun	31.1	18.8	40.2	18.6
2-Jun	30.9	23.9	38.6	24
3-Jun	26.1	23.1	31.4	23.1
4-Jun	24.7	22.8	26.2	22.8
5-Jun	26.5	23.3	24.6	23.2
6-Jun	27.4	23	26	23
7-Jun	27.8	23.1	27.1	23.1
8-Jun	24.7	23.1	27.5	23.1
9-Jun	23.2	22.6	24.8	22.6
10-Jun	22.6	22.4	23.2	22.4
11-Jun	22.8	22.3	22.6	22.3
12-Jun	22.7	45.9	22.8	43.3
13-Jun	26.8	46.3	22.7	46.2
14-Jun	26.7	33.7	26.2	34.9
15-Jun	27.6	28.8	26.6	29.1
16-Jun	25.9	27.5	27.3	27.4
17-Jun	23.7	24.5	25.9	24.7
18-Jun	22.8	23.2	23.9	23.2
19-Jun	22.7	22.6	22.9	22.6
20-Jun	23.3	22.4	22.7	22.4
21-Jun	31.4	22.3	23.2	22.3
22-Jun	29	22.8	30.3	22.7
23-Jun	26	24.8	29.1	24.6
24-Jun	26.8	23.4	26.2	23.6
25-Jun	26.7	22.7	26.5	22.7
26-Jun	25.7	22.4	26.6	22.4
27-Jun	33.8	23.3	25.7	23.1
28-Jun	31.9	23.1	32.7	23.1
29-Jun	35	25.6	31.9	25.3
30-Jun	117.8	24	34.3	24.2
Jumlah	894.1	757.7	819.70	756.00

Sumber : Analisa Perhitungan.



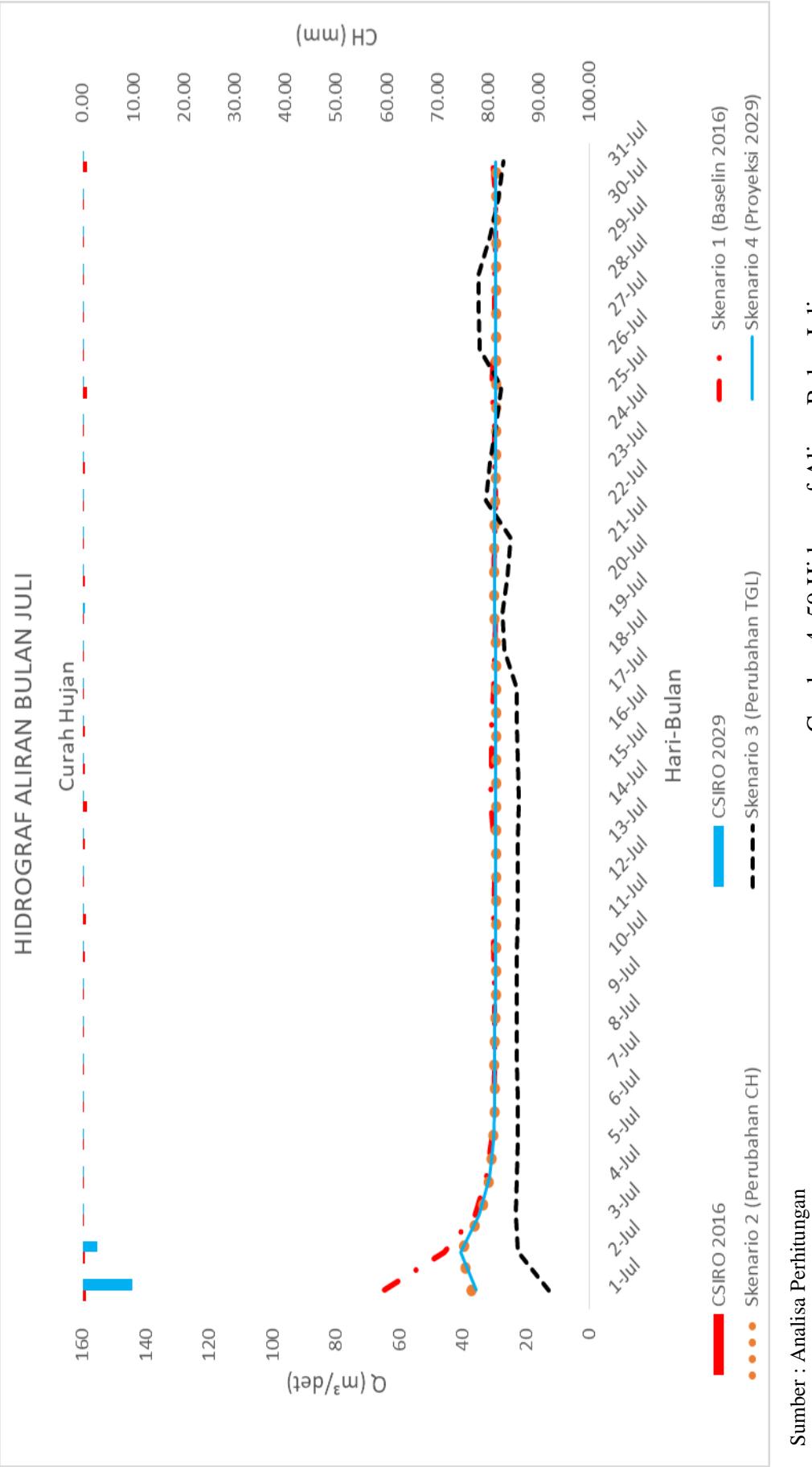
Sumber : Analisa Perhitungan

Gambar 4. 58 Hidrograf Aliran Bulan Juni

Tabel 4. 60 Perbandingan Perubahan Debit DAS Rejoso Pada Bulan Juli

Tanggal/Bulan	Debit (m³/det)			
	Skenario 1 (Baselin 2016)	Skenario 2 (Perubahan CH)	Skenario 3 (Perubahan TGL)	Skenario 4 (Proyeksi 2029)
1-Jul	64.7	37.4	107	35.9
2-Jul	46	40.6	77	40.9
3-Jul	36.3	34.3	48.5	34.9
4-Jul	32.5	31.4	36.7	31.6
5-Jul	30.9	30.4	32.6	30.4
6-Jul	30.3	30	30.9	30
7-Jul	30	30.2	30.1	30.1
8-Jul	30	29.9	29.9	29.9
9-Jul	29.9	29.7	29.9	29.7
10-Jul	30.3	29.7	29.9	29.7
11-Jul	30.3	29.6	30.2	29.6
12-Jul	29.9	29.6	30.6	29.6
13-Jul	30.3	29.6	30.2	29.6
14-Jul	31.3	29.6	30.4	29.6
15-Jul	31	29.6	31.2	29.6
16-Jul	30.9	29.7	31	29.7
17-Jul	30.3	29.7	30.9	29.7
18-Jul	29.9	29.6	30.3	29.6
19-Jul	29.7	30.2	29.9	30.2
20-Jul	30.4	30.2	29.7	30.2
21-Jul	30	30.1	30.3	30.1
22-Jul	29.7	29.8	30	29.9
23-Jul	30.2	29.7	29.8	29.7
24-Jul	29.9	29.7	30.2	29.7
25-Jul	31	29.7	29.9	29.7
26-Jul	30.5	29.6	30.8	29.6
27-Jul	30.1	29.6	30.5	29.6
28-Jul	29.9	29.6	30.1	29.6
29-Jul	29.8	29.6	29.9	29.6
30-Jul	29.8	29.6	29.8	29.6
31-Jul	30.8	29.6	29.8	29.6
Jumlah	885.9	870.40	1088	947.20

Sumber : Analisa Perhitungan.



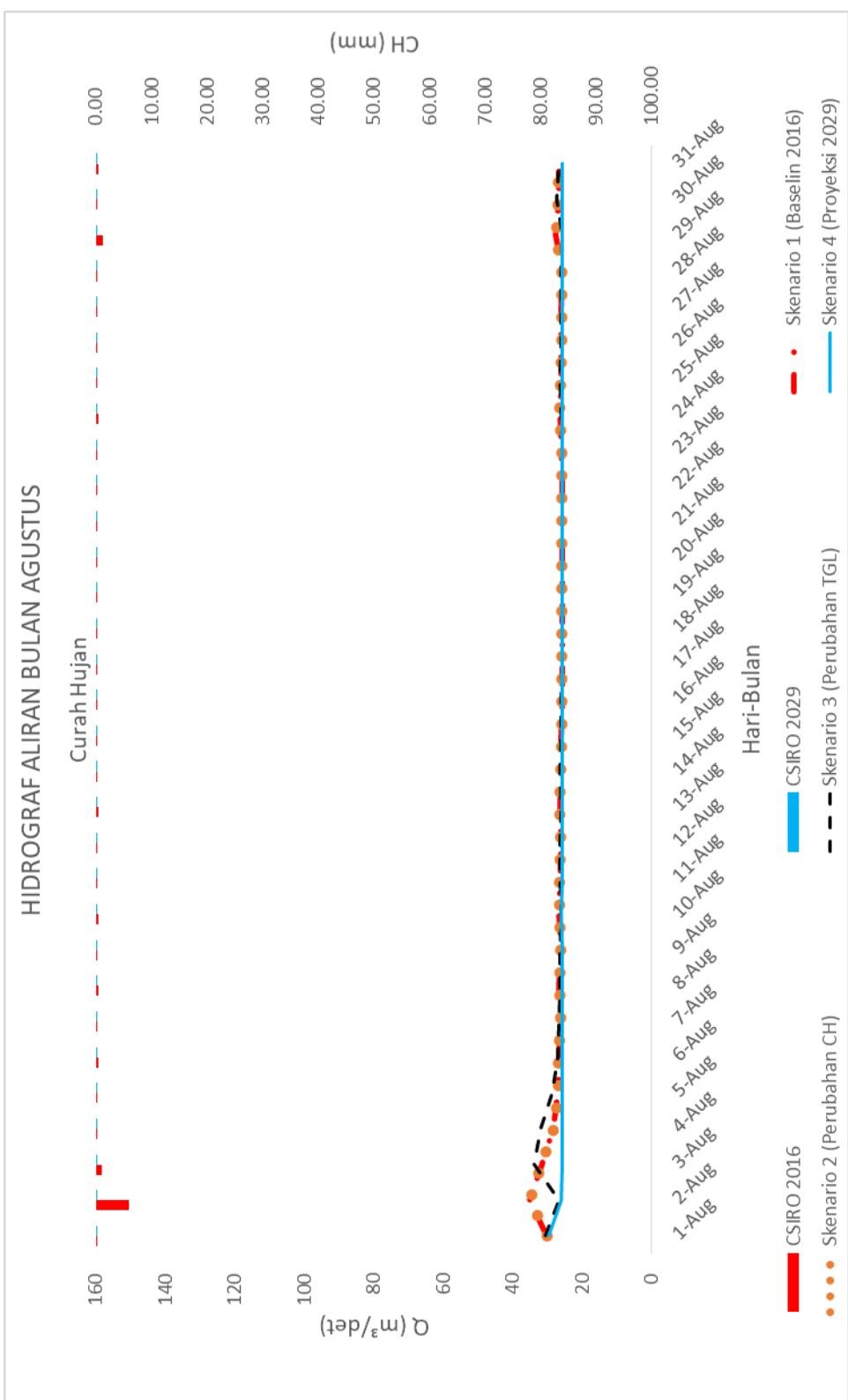
Sumber : Analisa Perhitungan

Gambar 4. 59 Hidrograf Aliran Bulan Juli

Tabel 4. 61 Perbandingan Perubahan Debit DAS Rejoso Pada Bulan Agustus

Tanggal/Bulan	Debit (m³/det)			
	Skenario 1 (Baseline 2016)	Skenario 2 (Perubahan CH)	Skenario 3 (Perubahan TGL)	Skenario 4 (Proyeksi 2029)
1-Aug	30.3	29.6	30.7	29.6
2-Aug	35.1	26.1	26.9	26.1
3-Aug	31.7	25.9	33.8	25.9
4-Aug	28.4	25.9	31.9	25.9
5-Aug	27	25.9	28.7	25.9
6-Aug	26.8	25.9	27	25.9
7-Aug	26.4	25.9	26.8	25.9
8-Aug	26.7	25.9	26.4	25.9
9-Aug	26.3	25.9	26.6	25.9
10-Aug	26.7	26	26.3	26
11-Aug	26.6	25.9	26.6	25.9
12-Aug	26.3	25.9	26.6	25.9
13-Aug	26.5	25.9	26.3	25.9
14-Aug	26.2	25.9	26.5	25.9
15-Aug	26	25.9	26.2	25.9
16-Aug	25.9	25.9	26	25.9
17-Aug	25.9	25.9	25.9	25.9
18-Aug	25.9	25.9	25.9	25.9
19-Aug	25.9	25.9	25.9	25.9
20-Aug	25.9	25.9	25.9	25.9
21-Aug	25.9	25.9	25.9	25.9
22-Aug	25.9	25.9	25.9	25.9
23-Aug	26.1	25.9	25.9	25.9
24-Aug	26.6	25.9	26.1	25.9
25-Aug	26.2	25.9	26.6	25.9
26-Aug	26	25.9	26.3	25.9
27-Aug	26	25.9	26.1	25.9
28-Aug	25.9	25.9	26	25.9
29-Aug	27.7	25.9	25.9	25.9
30-Aug	26.8	25.9	27.5	25.9
31-Aug	26.8	25.9	26.9	25.9
Jumlah	771	751.20	836	806.90

Sumber : Analisa Perhitungan,



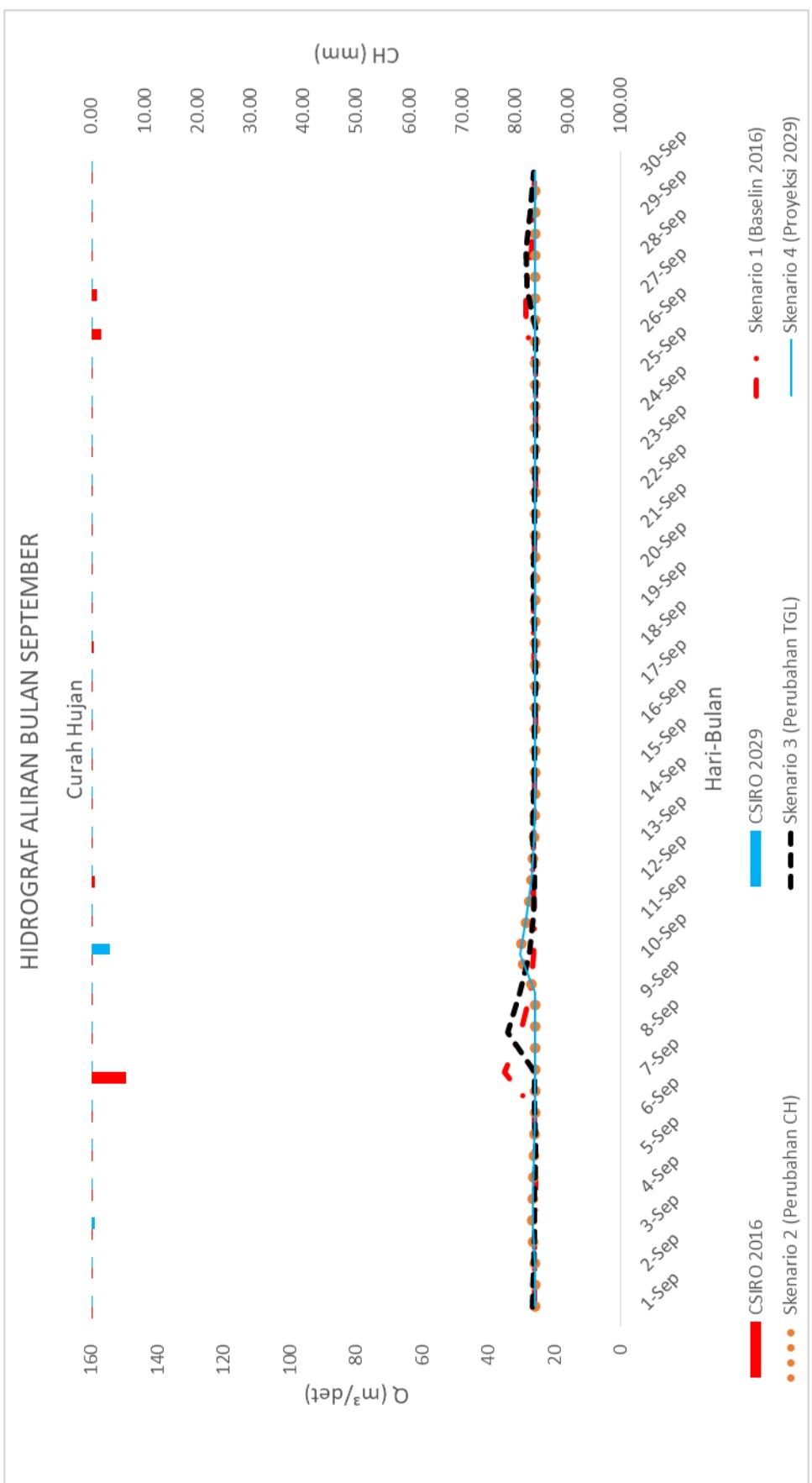
Sumber : Analisa Perhitungan

Gambar 4. 60 Hidrograf Aliran Bulan Agustus

Tabel 4. 62 Perbandingan Perubahan Debit DAS Rejoso Pada Bulan September

Tanggal/Bulan	Debit (m ³ /det)			
	Skenario 1 (Baseline 2016)	Skenario 2 (Perubahan CH)	Skenario 3 (Perubahan TGL)	Skenario 4 (Proyeksi 2029)
1-Sep	26.3	25.9	26.8	25.9
2-Sep	26.1	25.9	26.4	25.9
3-Sep	26	26.8	26.1	26.7
4-Sep	25.9	26.7	26	26.7
5-Sep	26	26.2	25.9	26.3
6-Sep	26.1	26.1	26	26.1
7-Sep	35.4	26	26.1	26
8-Sep	30.4	25.9	34.3	25.9
9-Sep	27.6	25.9	30.8	25.9
10-Sep	26.6	31	27.8	30.4
11-Sep	26.2	28.3	26.6	28.6
12-Sep	26.9	26.8	26.2	26.9
13-Sep	26.4	26.2	26.8	26.3
14-Sep	26.1	26	26.4	26
15-Sep	26	26	26.1	26
16-Sep	25.9	25.9	26	25.9
17-Sep	26	26	25.9	26
18-Sep	26.5	25.9	26	25.9
19-Sep	26.6	25.9	26.4	25.9
20-Sep	26.2	25.9	26.6	25.9
21-Sep	26	25.9	26.3	25.9
22-Sep	25.9	25.9	26	25.9
23-Sep	25.9	25.9	25.9	25.9
24-Sep	25.9	25.9	25.9	25.9
25-Sep	25.9	25.9	25.9	25.9
26-Sep	28.6	25.9	25.9	25.9
27-Sep	28.6	25.9	28.3	25.9
28-Sep	27.1	25.9	28.6	25.9
29-Sep	26.4	25.9	27.3	25.9
30-Sep	26.2	25.9	26.5	25.9
Jumlah	805.7	788.3	805.80	788.20

Sumber : Analisa Perhitungan.



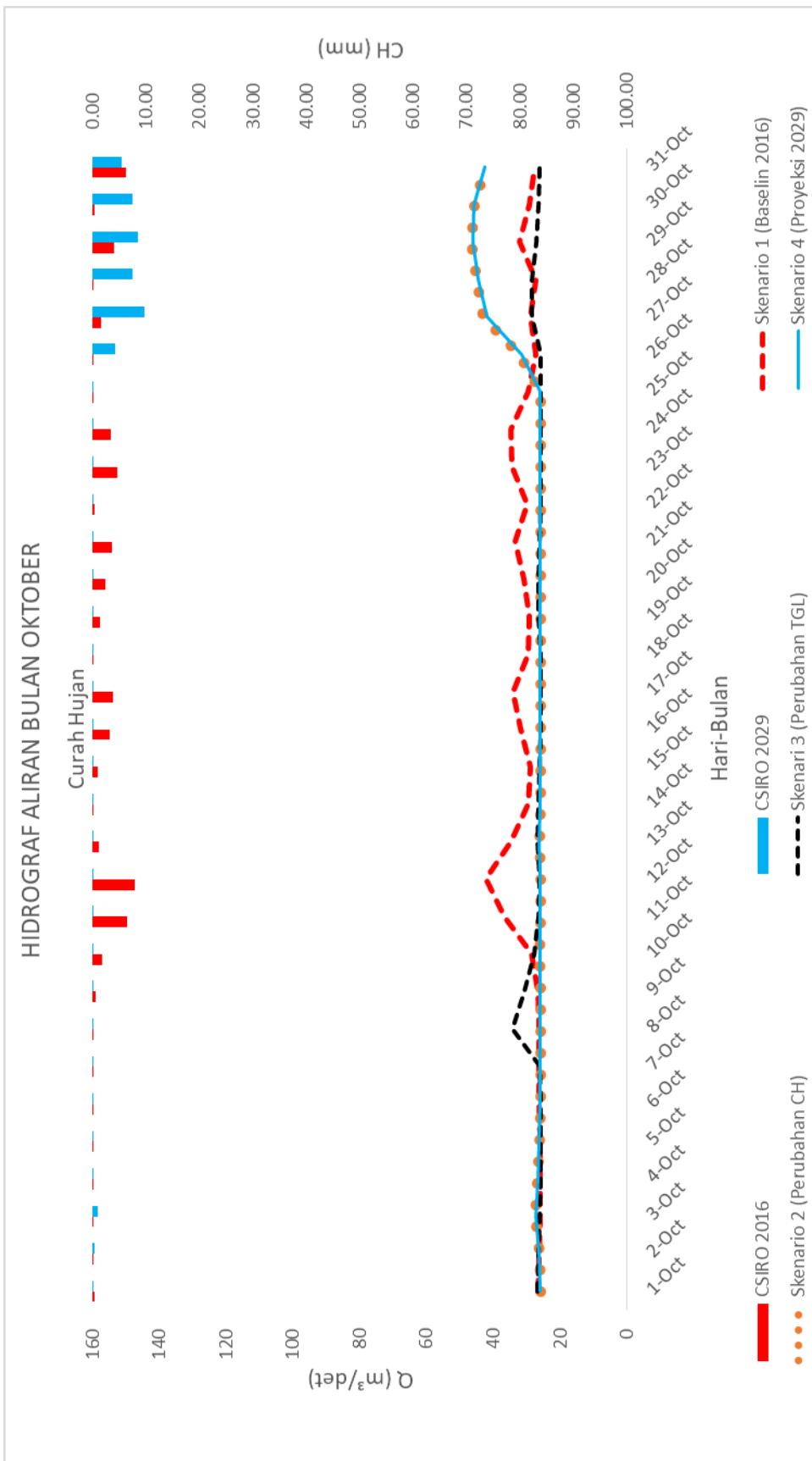
Sumber : Analisa Perhitungan

Gambar 4. 61 Hidrograf Aliran Bulan September

Tabel 4. 63 Perbandingan Perubahan Debit DAS Rejoso Pada Bulan Oktober

Tanggal/Bulan	Debit (m ³ /det)			
	Skenario 1 (Baselin 2016)	Skenario 2 (Perubahan CH)	Skenario 3 (Perubahan TGL)	Skenario 4 (Proyeksi 2029)
1-Oct	26.6	25.9	26.8	25.9
2-Oct	26.2	26.3	26.4	26.3
3-Oct	26	27.5	26.1	27.3
4-Oct	26	26.8	26	26.8
5-Oct	25.9	26.2	25.9	26.3
6-Oct	26.2	26	26	26
7-Oct	26.3	26	26.1	26
8-Oct	26.2	25.9	34.3	25.9
9-Oct	26.7	25.9	30.8	25.9
10-Oct	28.7	26.1	27.8	26.1
11-Oct	36.7	26	26.6	26
12-Oct	42.4	26	26.2	26
13-Oct	34.7	26.2	26.8	26.2
14-Oct	29.7	26	26.4	26.1
15-Oct	28.9	26	26.1	26
16-Oct	32	25.9	26	25.9
17-Oct	34.2	25.9	25.9	25.9
18-Oct	29.6	25.9	26	25.9
19-Oct	29.3	25.9	26.4	25.9
20-Oct	30.8	25.9	26.6	25.9
21-Oct	33.4	25.9	26.3	25.9
22-Oct	29.8	25.9	26	25.9
23-Oct	34.3	25.9	25.9	25.9
24-Oct	34.7	26	25.9	26
25-Oct	29.7	26	25.9	26
26-Oct	27.4	32.3	25.9	31.6
27-Oct	28.8	43.2	28.3	42
28-Oct	27.3	44.9	28.6	44.6
29-Oct	32.2	46.5	27.3	46.2
30-Oct	29.2	45.8	26.5	45.7
31-Oct	27.6	42.4	26.2	42.5
Jumlah	874.7	852.40	832	904.60

Sumber : Analisa Perhitungan.



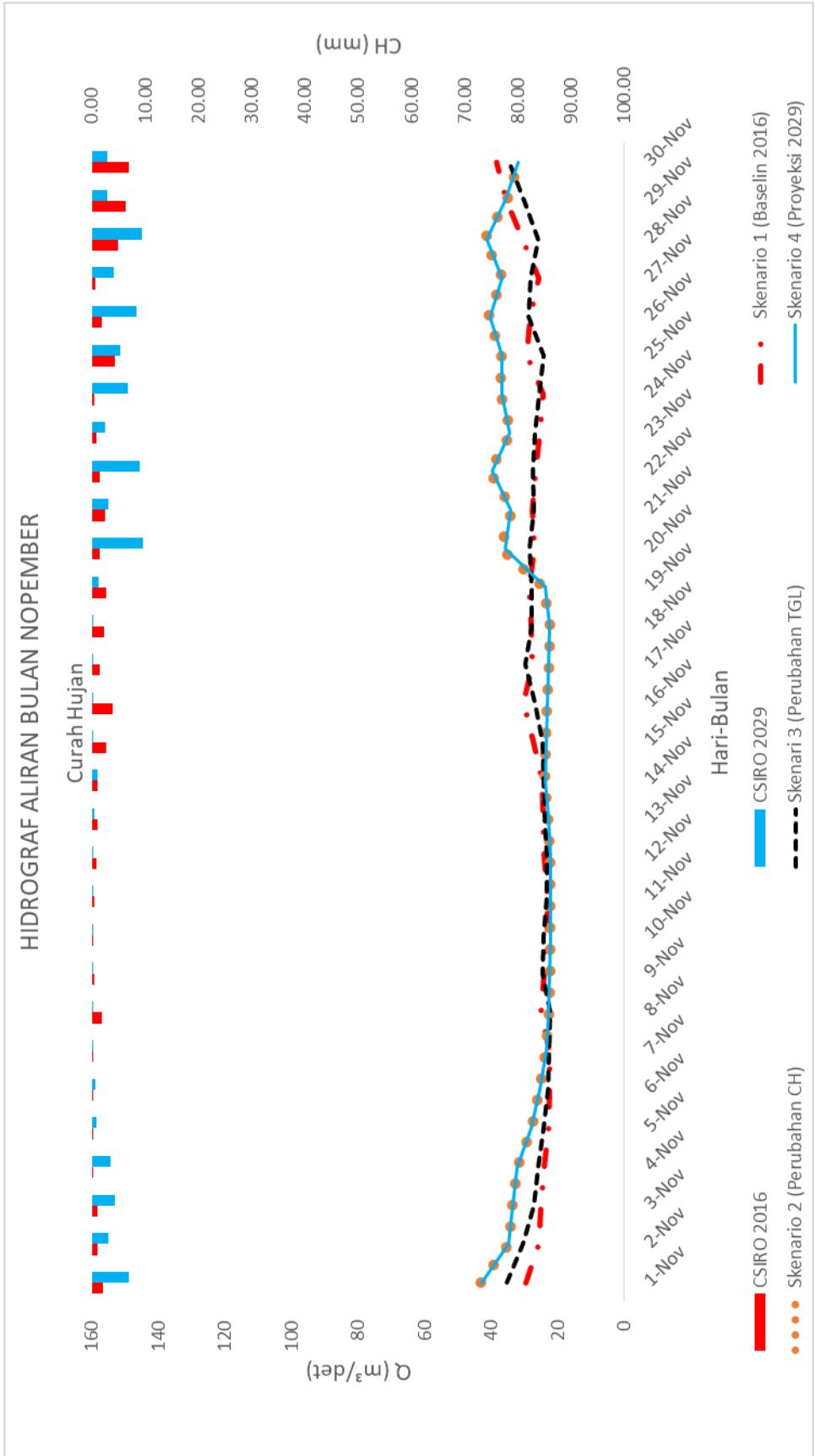
Gambar 4. 62 Hidrograf Aliran Bulan Oktober

Sumber : Analisa Perhitungan

Tabel 4. 64 Perbandingan Perubahan Debit DAS Rejoso Pada Bulan November

Tanggal/Bulan	Debit (m ³ /det)			
	Skenario 1 (Baselin 2016)	Skenario 2 (Perubahan CH)	Skenario 3 (Perubahan TGL)	Skenario 4 (Proyeksi 2029)
1-Nov	29.7	43.3	35.4	42.9
2-Nov	25.8	34.7	30.5	35
3-Nov	25.3	33.7	27.3	33.5
4-Nov	24.1	32.3	25.9	32.2
5-Nov	23	27.9	24.4	28.2
6-Nov	22.7	25.5	23.2	25.6
7-Nov	22.5	23.6	22.7	23.7
8-Nov	25.1	22.8	22.5	22.8
9-Nov	24.3	22.5	24.8	22.5
10-Nov	23.3	22.4	24.4	22.4
11-Nov	23.3	22.4	23.4	22.4
12-Nov	24.1	22.3	23.3	22.3
13-Nov	24.6	23	24	22.9
14-Nov	24.8	24.1	24.5	24
15-Nov	27.3	23.6	24.7	23.6
16-Nov	30.3	23.3	26.9	23.3
17-Nov	27.9	22.8	29.8	22.8
18-Nov	28.1	22.5	28	22.5
19-Nov	28.7	24.2	27.9	24
20-Nov	27.1	37.5	28.5	36
21-Nov	27.8	33.8	27.2	34.2
22-Nov	26.9	40.5	27.6	39.7
23-Nov	25.6	34.2	26.9	34.7
24-Nov	24.5	37.3	25.7	36.8
25-Nov	29.5	37	24.5	36.8
26-Nov	28.3	41.1	28.9	40.4
27-Nov	25.7	36.7	28.3	37
28-Nov	30.8	42.3	25.9	41.4
29-Nov	35.5	35.4	30.1	36
30-Nov	38.4	31.9	34.8	32
Jumlah	805	904.6	802.00	901.60

Sumber : Analisa Perhitungan.



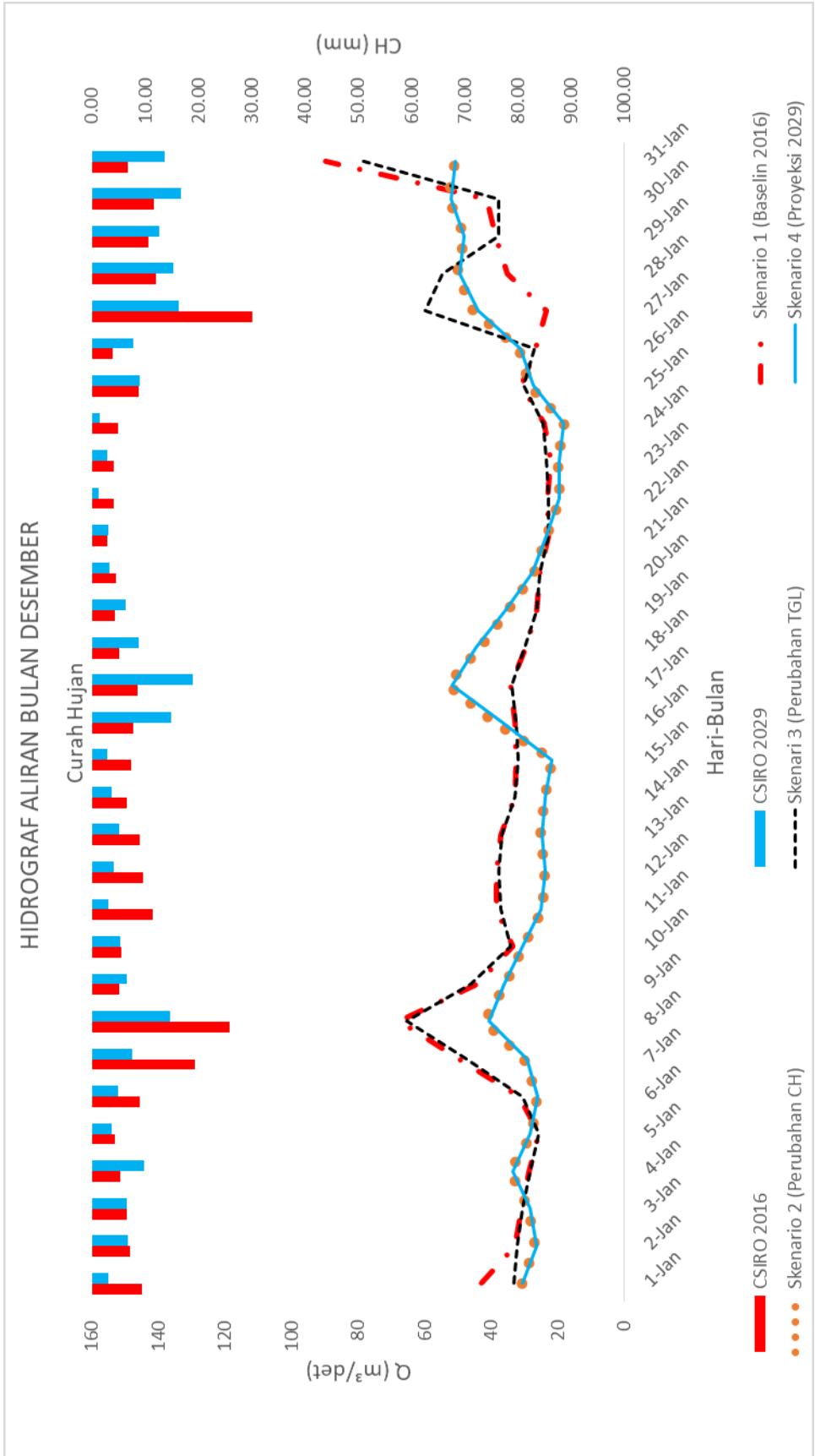
Sumber : Analisa Perhitungan

Gambar 4. 63 Hidrograf Aliran Bulan Nopember

Tabel 4. 65 Perbandingan Perubahan Debit DAS Rejoso Pada Bulan Desember

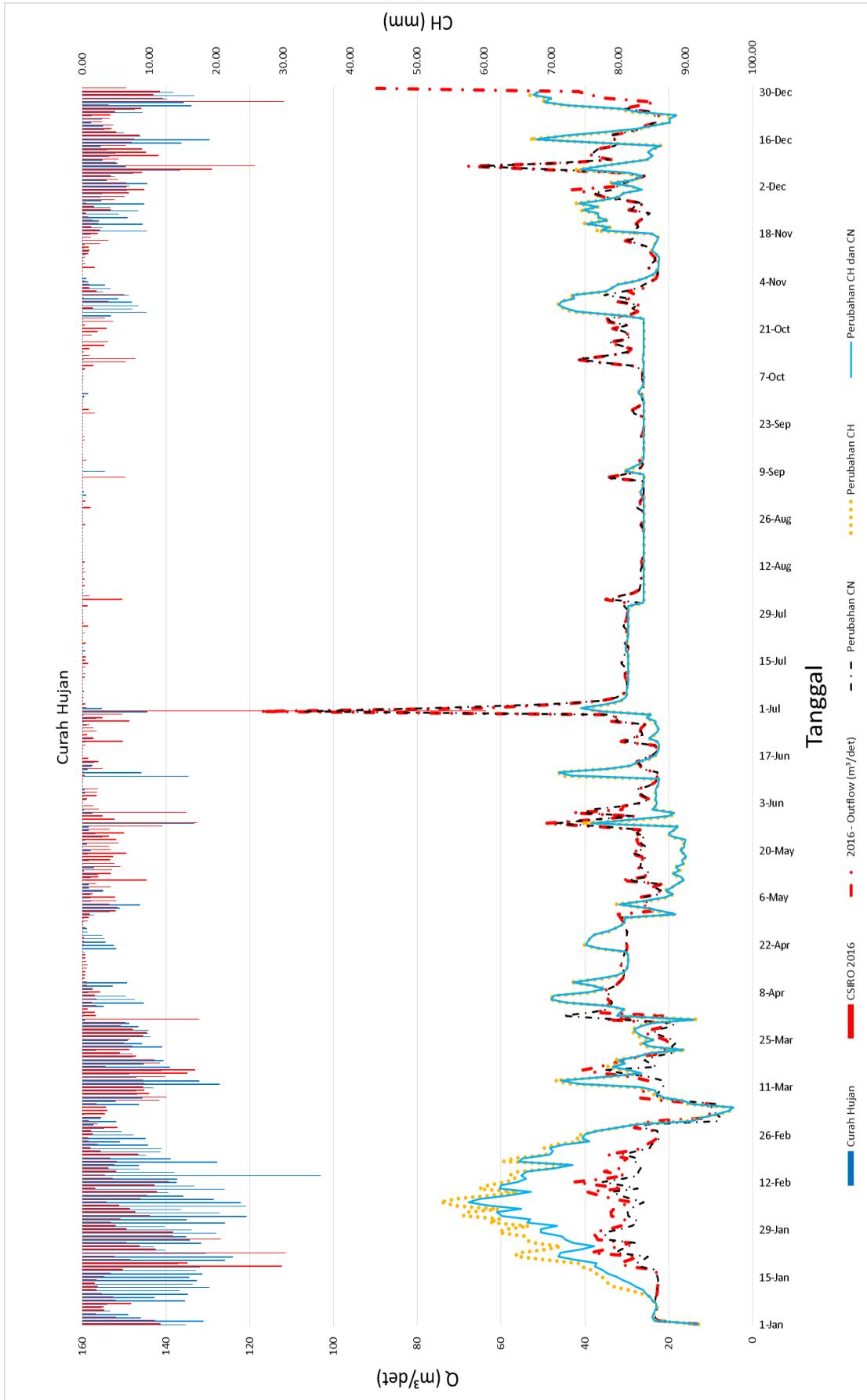
Tanggal/Bulan	Debit (m³/det)			
	Skenario 1 (Baselin 2016)	Skenario 2 (Perubahan CH)	Skenario 3 (Perubahan TGL)	Skenario 4 (Proyeksi 2029)
1-Dec	43.1	30.9	33.4	30.8
2-Dec	32.9	27.1	32.3	26.4
3-Dec	31	28.9	30.8	28.5
4-Dec	28.6	34.4	28.5	33.6
5-Dec	25.8	27.8	25.9	28.4
6-Dec	31.6	26.4	30.7	26.3
7-Dec	50	30.1	47.6	29.5
8-Dec	67.9	42.4	65.5	40.9
9-Dec	44.4	35.7	46.4	36.3
10-Dec	33.7	30.4	34.2	30.7
11-Dec	38.5	24.8	37.3	25.2
12-Dec	38.4	23.9	37.9	23.8
13-Dec	37.2	25.2	36.9	24.9
14-Dec	33	23.9	33	23.9
15-Dec	32.5	21.8	32.1	21.9
16-Dec	33	39	32.6	37
17-Dec	34.3	53.3	33.9	51.7
18-Dec	29.7	43.7	30	44.6
19-Dec	26.5	35.2	26.6	35.8
20-Dec	25.5	27.3	25.4	27.8
21-Dec	22.8	23.5	22.9	23.7
22-Dec	23.2	19.5	22.9	19.7
23-Dec	22.2	20.1	23.4	19.8
24-Dec	24.2	18.3	24.5	18.3
25-Dec	31	28.6	30.4	27.4
26-Dec	26.8	31.8	27.2	31.5
27-Dec	23.4	45.6	59.8	44.1
28-Dec	35.2	50.3	54.8	49.7
29-Dec	38.8	48.1	37.9	48.1
30-Dec	41.5	53.1	37.9	52.3
31-Dec	89.8	50.9	78.6	50.9
Jumlah	1096.5	1022	1042.70	1013.50

Sumber : Analisa Perhitungan.



Gambar 4. 64 Hidrograf Aliran Bulan Desember

Sumber : Analisa Perhitungan



Gambar 4.65 Rekapitulasi Hidrograf Aliran Hasil Skenario

Sumber : Analisa Perhitungan

4.9 Analisa Prediksi Perubahan Tata Guna Lahan dan Curah Hujan

Tabel 4. 66 Perbandingan limpasan setiap skenario perubahan terhadap *baseline*

Bulan	Perubahan (%)		
	Perubahan Curah Hujan	Perubahan Tata Guna Lahan	Perubahan Tata Guna Lahan dan Curah Hujan
Januari	44.20	-4.72	27.18
Februari	75.34	-10.73	62.00
Maret	2.77	-14.37	-0.14
April	10.63	-0.31	10.50
Mei	-29.19	-2.70	-29.15
Juni	-12.82	-1.75	-14.55
Juli	-2.37	0.03	-1.75
Agustus	-2.57	0.05	-2.57
September	-2.18	-0.08	-2.19
Oktober	-0.46	0.51	-2.55
November	10.60	-0.17	10.76
Desember	-8.37	-2.86	-6.29

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, () = Bertambah.

Tabel 4. 67 Peningkatan curah hujan

Bulan	Curah Hujan		Perubahan (mm)	Prosentase
	CSIRO 2016	CSIRO 2029		
Januari	255.84	456.39	+200.54	+78%
Februari	153.62	411.83	+258.21	+168%
Maret	255.68	248.73	-6.95	-3%
April	25.87	63.19	+37.32	+144%
Mei	168.75	62.89	-105.86	-63%
Juni	110.61	37.28	-73.33	-66%
Juli	7.97	14.03	+6.06	+76%
Agustus	22.51	0.10	-22.41	-100%
September	11.04	4.41	-6.63	-60%
Oktober	54.52	44.38	-10.14	-19%
November	54.98	86.43	+31.44	+57%
Desember	271.11	239.44	-31.67	-12%

Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, (+) = Bertambah.

Model pada skenario perubahan curah hujan menunjukkan peningkatan limpasan paling tinggi terjadi pada bulan Februari karena terjadi peningkatan curah hujan paling tinggi. Bulan Mei mengalami penurunan limpasan karena curah hujan proyeksi lebih rendah dari curah hujan *baseline*. Peningkatan curah hujan diiringi dengan peningkatan limpasan di DAS Rejoso.

Model pada skenario perubahan lahan menunjukkan peningkatan limpasan bulan Oktober lebih tinggi karena memiliki curah hujan yang tergolong tinggi. Rata-rata pada bulan lainnya mengalami penurunan limpasan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada tingkat curah

hujan tertentu penutupan lahan RTRW dapat mengalami penurunan volume limpasan, apabila curah hujan tinggi maka limpasan mengalami peningkatan.

Volume limpasan DAS Rejoso mengalami peningkatan apabila curah hujan meningkat. Peningkatan limpasan menunjukkan bahwa DAS Rejoso peka terhadap perubahan curah hujan serta perubahan lahan. Penutupan lahan tahun 2016 memiliki peningkatan limpasan yang lebih besar dibandingkan penutupan lahan RTRW 2009-2029 apabila terjadi peningkatan curah hujan. Hasil analisis limpasan tersebut menunjukkan perubahan curah hujan berpengaruh terhadap limpasan di DAS Rejoso. Apabila kondisi hidrologi DAS Rejoso masih tetap sama, maka apabila terjadi peningkatan volume curah hujan pada masa yang akan datang maka respon hidrologi yang terjadi yaitu peningkatan volume limpasan. **Saghafian et al. (2008)** menyatakan bahwa peningkatan debit puncak dan volume aliran dapat meningkatkan risiko banjir di wilayah hilir.

Cara untuk menurunkan volume limpasan yaitu dengan menambah wilayah penutupan lahan yang dapat menyimpan air seperti hutan, dan lahan terbuka hijau. Bertambah wilayah terbangun maka akan semakin meningkatkan volume limpasan di sekitar DAS Rejoso. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penutupan lahan sesuai RTRW tahun 2009-2029 dapat mengimbangi peningkatan curah hujan pada masa yang akan datang apabila peningkatan curah hujan dibawah 168%. Dibandingkan dengan kondisi penutupan lahan tahun 2016 yang hanya mampu menolerir peningkatan curah hujan sekitar 57%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan sebelumnya maka dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Debit puncak (*peak discharge*) yang terjadi pada kondisi tata guna lahan tahun 2016 (**Skenario 1**) adalah sebesar $117,8 \text{ m}^3/\text{dt}$ dengan volume $922.929,8 \text{ m}^3$.
2. Debit puncak (*peak discharge*) yang terjadi pada kondisi perubahan curah hujan (**Skenario 2**) adalah sebesar $74,5 \text{ m}^3/\text{dt}$ dengan volume $976.361,4 \text{ m}^3$. Perubahan volume debit yang terjadi terhadap kondisi baseline mengalami peningkatan volume debitt sebesar 5,8% atau $53.381,6 \text{ m}^3$.
3. Debit puncak (*peak discharge*) yang terjadi pada kondisi perubahan tata guna lahan tahun 2029 (**Skenario 3**) adalah sebesar $107 \text{ m}^3/\text{dt}$ dengan volume $892.508,2 \text{ m}^3$. Perubahan volume debit yang terjadi terhadap kondisi baseline mengalami penurunan volume debit sebesar sebesar 3,3 % atau $30.471,6 \text{ m}^3$.
4. Debit puncak (*peak discharge*) yang terjadi pada kondisi perubahan tata guna lahan dan curah hujan tahun 2029 (**Skenario 4**) adalah sebesar $67,7 \text{ m}^3/\text{dt}$ dengan volume debit $952.595,7 \text{ m}^3$. Perubahan volume debit yang terjadi terhadap kondisi baseline mengalami peningkatan volume debitt sebesar 3,2% atau $29.615,.9 \text{ m}^3$.
5. Parameter *CN* dan *Imperviousness* berpengaruh terhadap hidrograf aliran pada tiap Sub DAS, Penutupan lahan tahun 2016 memiliki *imperviousness* lebih kecil dari pada penutupan lahan sesuai RTRW 2009-2029. Penutupan lahan tahun 2016 memiliki bilangan kurva yang lebih kecil dibandingkan penutupan lahan RTRW 2009-2029. Penutupan lahan yang memiliki bilangan kurva lebih besar memiliki laju infiltrasi yang rendah dan cepat mencapai titik jenuh.

5.2 Saran

1. Hasil dari studi ini diharapkan bisa dijadikan rujukan bagi pemerintah daerah Kabupaten Pasuruan dalam mengambil kebijakan tentang pengendalian pengelolaan DAS Rejoso Hulu yang berkelanjutan yang mengacu pada RTRW pemerintah daerah setempat.
2. Perlu dilakukan ketelitian yang tinggi dalam menentukan parameter DAS dalam menggunakan aplikasi HEC-HMS agar menghasilkan model yang dapat menggambarkan keadaan DAS yang sesungguhnya.
3. Pemodelan banjir ini menggunakan metode *SCS CN* untuk perhitungannya. Oleh karena itu peneliti selanjutnya dapat menggunakan metode yang lain pada *loss method, direct runoff dan baseflow*. Sehingga hasilnya dapat dijadikan sebagai bahan perbandingan.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandy, Nur Azizah & Anwar, Nadjaji, 2011, *Permodelan hujan-debit menggunakan Model HEC HMS Di Das Sampean Baru*, Tesis Master Jurusan Teknik Sipil, Bidang Keahlian Manajemen Dan Rekayasa Sumber Daya Air. Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Aisyah Azizah Abas dan Mazlan Hasyim. 2000. *Estimation impervious surface for the urban area expansion.*
- Aldrian E dan Djamil YS. 2008. *Spatio-temporal climatic change of rainfall in east Java Indonesia. Internasional Journal Climatology.* 28(1):435-448.
- Anwar MR. 2011. *The rainfall-runoff model using of the watershed physical characteristic approach. International Jurnal of Civil and Environmental Engineering.* XI(6): 71-75.
- Asdak C. 2007. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai.* Jogjakarta (ID): Gadjah Mada University Pr.
- Bambang Triatmodjo, 2008, *Hidrologi Terapan, Beta Offset*, Yogyakarta.
- Bates BC, Kundzewicz ZW, Wu S dan Palutikof JP: (Eds). 2008. *Climate Change and Water. Technical paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* IPCC Secretariat: Geneva.
- Chow VT. 1964. *Applied Hydrology.* America (USA): McGraw-Hill Inc.
- Firmansyah A. 2012. Perbandingan Pemodelan Hujan Debit Berdasarkan Kerapatan Spasial Hujan Menggunakan Mudrain Studi Kasus Sub Das Klopo Sawit DAS Sampean, *Skripsi.* Fakultas Teknik Universitas Negeri Jember, Jawa Timur.
- Gordon, H. B., Rotstain, L. D., McGregor, J. L., Dix, M. R., Kowalczyk, E. A., O'Farrell, S. P., Waterman, L. J., Hirst, A. C., Wilson, S. G., Collier, M. A., Watterson, I. G., and Elliott, T. I. (2002): The CSIRO Mk3 *Climate System Model [Electronic publication].* Aspendale: CSIRO Atmospheric Research. (CSIRO Atmospheric Research technical paper; no. 60). 130 pp. (http://www.dar.csiro.au/publications/gordon_2002a.pdf)
- Halwatura D dan Najim MMM. 2013. *Application of the HEC-HMS model for runoff simulation in a tropical catchment. Elsevier Journal.* 46(2013):155-162.
- Hartanto N. 2009. Kajian Respon Hidrologi Akibat Perubahan Penggunaan Lahan Pada DAS Separi Menggunakan Model HEC-HMS. [tesis]. Bogor: Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. 2007. *Climate Change 2007: Synthesis Report. An Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* IPCC Secretariat: Geneva.
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis.*

Kaimuddin. 2000. *Kajian Dampak Perubahan Iklim dan Tataguna Lahan Terhadap Keseimbangan Air Wilayah Sulawesi Selatan (Studi Kasus DAS Walanae Hulu dan DAS Saddang)*. [Disertasi]. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Kalita, D.N., August 2008. *A study of basin response using HEC-HMS and subzone reports of CWC*. In: *Proceedings of the 13th National Symposium on Hydrology*. National Institute of Hydrology, Roorkee, New Delhi

Kundu S, Khare D, Mondal A. 2017. Individual and combined impacts of future climate and landuse changes on water balance. *Journal Ecological Engineering*. 105:42-57.

Najafi et al 2011 : *Statistical downscaling of precipitation using machine learning with optimal predictor selection*.

MoE. 2007. *Indonesia Country Report: Climate Variability and Climate Change, and their Implication*. Jakarta (ID):Ministry of Environment, Republic of Indonesia.

M. Falkenmark., J. Rockström., 2004. The New Blue and Green Water Paradigm: Breaking NewGround for Water Resources Planning and Management.

Motovilov, Y.G., Gottschalk, L., Engeland, K. & Rodhe, A. 1999. Validation of a Distributed Hydrological Nodel Againts Spatial Observations. *Elsevier Agricultural anda forest Meteorological*.

Muthukrishnan S, Harbor J, Lim KJ, Bernard AE. 2006. *Calibration of a simple rainfall-runoff model for long-term hydrological impact evaluation*. *Urban and Regional Information Systems Association (URISA) Journal*. 18 (2): 35-42.

Saghafian B, Farazjoo, Hassan, Bozorgy, Babak, Yazdandoost, Farhad. 2008. *Flood intensification due to changes in land use*. *Water Resource Management*. 22: 2051-1067.

Salathe, EP. 2005. *Downscaling simulations of future global climate with application to hydrologic modeling*. *International Journal of Climatology* 25:419-436.

Soemarto, CD. 1987. *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.

Sri Harto Br. 2000. *Teori, Masalah, Penyelesaian, Nafiri Offset*, Yogyakarta

Suhartanto, Ery. 2008. *Panduan HEC-HMS dan Aplikasinya Di Bidang Teknik Sumber Daya Air*. Malang. CV Citra.

Tanika L, Khasanah N, Leimona B. 2018. *Simulasi dampak perubahan tutupan lahan terhadap neraca air di DAS dan Sub-DAS Rejoso menggunakan model GenRiver*. Report. Bogor, Indonesia: World Agroforestry Centre (ICRAF) Southeast Asia Regional Program.

Von S et al. 1993. *Downscaling of global climate change estimates to regional scales : an application to iberian rainfall in wintertime*. *Journal of Climate*. 6(1):1161-1171.

Wanielista, M., R. Kersten, and R. Eaglin. (1997). *Hydrology (Water Quantity and Quality Control)*. Toronto: John Wiley & Sons, Inc

Warrick JA and Milliman JD. 2003. *Hyperpycnal sediment discharge from semiarid southern California rivers: Implications for coastal sediment budgets*. *Journal Geology*. 31(1):781–784.

Wigena dan Estiningtyas 2011 : *Teknik statistical downscaling dengan regresi komponen utama dan regresi kuadrat terkecil parsial untuk prediksi curah hujan pada kondisi EL NINO, LA NINA, DAN NORMAL.*

William F. Ritter., 2003. Developing a Framework to Measure Watershed Sustainability by Using Hydrological/Water Quality Model

Wise M, Calvin K, Thomson A, Clarke L, Sands R, Smith SJ, Janetos A, Edmonds J. 2009. *Implications of Limiting CO₂ Concentrations for Land Use and Energy.* Journal Science. 32(4):1183-1186.

Wood,A.W.,L.R.Leung,V.Sridhar, and D.P.Lettenmaier, 2004: Hydrologic implications of dynamical and statistical approaches to downscaling climate model outputs. *Climatic Change*,62, 189–216,

Zhang A., Zhang C, Fu G, Wang B, Bao Z, Zheng H, 2012. *Assessments of impacts of climate change and human activities on runoff with SWAT for the Huifa River Basin, Northeast China.* J. Water Resource Manage. 26:2199–2217.

halaman ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Situbondo, 27 Juli 1995, merupakan anak ke-1 dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan dimulai dari SD Negeri 5 Besuki (*lulus tahun 2007*), melanjutkan ke SMP Negeri 1 Banyuglugur (*lulus tahun 2010*) dan SMK Negeri 2 Kota Probolinggo dengan bidang Teknik Kendaraan Ringan (*lulus tahun 2013*). Setelah lulus dari SMK pada tahun 2013, penulis mengikuti Seleksi Masuk ITS (SMITS) dan diterima di jurusan Diploma III Teknik Sipil FTSP ITS dan terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 3113 030 149 (*lulus tahun 2016*), dengan bidang minat Bangunan Air. Setelah menempuh pendidikan Diploma III Teknik Sipil (*lulus tahun 2018*), penulis melanjutkan studi Lanjut Jenjang D IV Teknik Insfrastruktur Sipil - FV ITS. Selanjutnya, penulis melanjutkan studi program pasca sarjana (S2) ITS Departemen Teknik Sipil – FTSPK ITS.

Dengan ketekunan, motivasi tinggi untuk terus belajar dan berusaha, penulis telah berhasil menyelesaikan pengerjaan thesis ini. Semoga dengan penulisan penelitian ini mampu memberikan kontribusi positif bagi dunia pendidikan. Akhir kata penulis mengucapkan rasa syukur yang sebesar-besarnya atas terselesaiannya thesis yang berjudul “Prediksi Hidrograf Aliran Sungai Rejoso Akibat Perubahan Tata Guna Lahan dan Curah Hujan”. Penulis dapat dihubungi melalui alamat email : “juliankhoidir27@gmail.com”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. 1 Hasil perhitungan curah hujan wilayah polygon thiesen tahun 2016.....	126
Lampiran A. 2 Perhitungan Curah Hujan Wilayah Polygon Thiesen Tahun 2029	131
Lampiran A. 3 Perbandingan Debit Model dan Debit Observasi.....	150
Lampiran B. 1 Peta Daerah Aliran Sungai Rejoso Hulu	141
Lampiran B. 2 Peta Sub Daerah Aliran Sungai Rejoso Hulu	142
Lampiran B. 3 Peta Jenis TanahDaerah Aliran Sungai Rejoso Hulu	143
Lampiran B. 4 Peta Tata Guna Lahan Daerah Aliran Sungai Rejoso Hulu Tahun 2016	144
Lampiran B. 5 Peta Tata Guna Lahan Daerah Aliran Sungai Rejoso Hulu Tahun 2029	145

Lampiran A. 1 Hasil perhitungan curah hujan wilayah polygon thiesen tahun 2016

Tanggal	Stasiun Hujan			\bar{P} (mm)
	Winongan	Umbulan	Panditan	
	R1	R2	R3	
1-Jan-16	12.93	11.43	11.5	11.67
2-Jan-16	9.90	11.65	10.7	10.89
3-Jan-16	0.00	0.00	9.1	5.07
4-Jan-16	0.00	0.00	3.7	2.06
5-Jan-16	0.00	2.16	4.8	3.34
6-Jan-16	0.00	8.29	1.2	3.23
7-Jan-16	1.67	11.53	6.3	7.30
8-Jan-16	0.23	0.83	8.5	5.02
9-Jan-16	3.99	4.97	4.65	4.66
10-Jan-16	2.90	3.20	2.8	2.94
11-Jan-16	2.09	2.00	2.2	2.12
12-Jan-16	0.09	0.00	4.1	2.29
13-Jan-16	0.06	0.00	3.4	1.90
14-Jan-16	3.54	0.00	3	2.14
15-Jan-16	5.00	3.31	2.93	3.33
16-Jan-16	16.42	0.13	3.7	4.31
17-Jan-16	5.46	0.00	9.6	6.08
18-Jan-16	3.65	0.00	52.6	29.77
19-Jan-16	17.67	14.97	15.6	15.68
20-Jan-16	0.00	0.00	13	7.24
21-Jan-16	4.90	3.90	5.34	4.84
22-Jan-16	31.83	30.03	30.2	30.37
23-Jan-16	14.91	10.99	9.97	10.95
24-Jan-16	17.49	0.09	11.1	8.56
25-Jan-16	23.56	0.00	6.1	6.56
26-Jan-16	20.97	11.36	25.8	20.69
27-Jan-16	7.11	4.69	20	13.54
28-Jan-16	0.35	16.95	14.8	13.52
29-Jan-16	0.00	19.09	1.2	6.57
30-Jan-16	0.07	16.13	0	5.00
31-Jan-16	1.69	12.99	0	4.24
1-Feb-16	1.83	8.53	5.1	5.72
2-Feb-16	11.21	6.65	11.72	10.08
3-Feb-16	0.70	4.19	11.8	7.96
4-Feb-16	6.63	7.10	7.3	7.15
5-Feb-16	3.70	1.78	8.1	5.55
6-Feb-16	12.55	4.71	1	3.70
7-Feb-16	13.63	9.27	7.2	8.70

Tanggal	Stasiun Hujan			\bar{P} (mm)
	Winongan	Umbulan	Panditan	
	R1	R2	R3	
8-Feb-16	10.87	8.83	9.87	9.68
9-Feb-16	20.66	4.63	12.5	11.16
10-Feb-16	10.71	0.09	0.9	1.97
11-Feb-16	24.00	11.99	6.9	10.77
12-Feb-16	17.65	9.32	13.87	12.97
13-Feb-16	3.58	3.99	5.1	4.55
14-Feb-16	6.80	4.51	1.9	3.37
15-Feb-16	2.56	13.28	1.1	5.06
16-Feb-16	11.63	5.36	1.2	3.89
17-Feb-16	14.39	2.61	3.8	4.85
18-Feb-16	11.89	0.02	6.4	5.16
19-Feb-16	11.35	0.01	4.8	4.20
20-Feb-16	12.03	0.00	12.1	8.35
21-Feb-16	3.93	0.00	3.99	2.75
22-Feb-16	2.89	0.00	1.5	1.22
23-Feb-16	1.77	0.00	3.8	2.35
24-Feb-16	3.40	0.00	1	1.01
25-Feb-16	4.65	0.00	0.5	0.90
26-Feb-16	9.35	0.00	0.7	1.64
27-Feb-16	5.66	0.00	1	1.32
28-Feb-16	3.46	0.00	8.63	5.27
29-Feb-16	2.24	0.00	3.6	2.31
1-Mar-16	0.03	0.87	1.2	0.94
2-Mar-16	0.09	0.39	4.9	2.86
3-Mar-16	0.23	1.53	5.1	3.34
4-Mar-16	0.21	0.52	6.32	3.71
5-Mar-16	0.60	0.42	6	3.55
6-Mar-16	0.78	2.70	2.1	2.11
7-Mar-16	0.42	13.70	12.9	11.47
8-Mar-16	0.68	13.89	14.7	12.57
9-Mar-16	0.02	12.91	10.8	10.01
10-Mar-16	0.04	2.03	15.47	9.24
11-Mar-16	0.08	5.28	13.44	9.12
12-Mar-16	0.18	0.01	16.6	9.27
13-Mar-16	0.44	9.00	11.17	9.06
14-Mar-16	0.00	11.90	15.69	12.41
15-Mar-16	0.00	17.71	18.3	15.66
16-Mar-16	0.00	19.00	19.7	16.84
17-Mar-16	0.00	0.00	6.3	3.51
18-Mar-16	0.00	12.37	13.9	11.56
19-Mar-16	0.00	11.93	12.7	10.76
20-Mar-16	0.00	8.01	10.04	8.06
21-Mar-16	0.00	5.32	7.17	5.64
22-Mar-16	0.30	9.06	7.49	7.01

Tanggal	Stasiun Hujan			\bar{P} (mm)		Stasiun Hujan			\bar{P} (mm)	
	Winongan	Umbulan	Panditan			Winongan	Umbulan	Panditan		
	R1	R2	R3			R1	R2	R3		
23-Mar-16	0.36	8.27	8.7	7.45		6-May-16	5.86	4.74	4.8	4.92
24-Mar-16	0.81	0.51	10.7	6.22		7-May-16	1.41	0.74	1.94	1.50
25-Mar-16	0.16	0.20	12.7	7.15		8-May-16	1.34	4.10	3.05	3.15
26-Mar-16	0.50	8.09	11.8	9.14		9-May-16	0.00	13.90	0	4.30
27-Mar-16	0.31	12.43	10.4	9.67		10-May-16	0.06	6.47	0	2.01
28-Mar-16	0.00	7.20	9.67	7.61		11-May-16	0.05	3.54	15.4	9.67
29-Mar-16	0.08	6.34	6.86	5.79		12-May-16	0.25	4.47	1.79	2.41
30-Mar-16	0.02	6.72	7.96	6.51		13-May-16	1.64	3.36	5.39	4.26
31-Mar-16	9.97	19.93	17.88	17.45		14-May-16	4.49	12.57	0	4.49
1-Apr-16	0.00	2.13	2.5	2.05		15-May-16	23.44	2.82	3	5.69
2-Apr-16	1.99	1.79	1.89	1.87		16-May-16	20.51	6.73	0	4.83
3-Apr-16	4.01	0.02	0.4	0.77		17-May-16	6.25	3.22	4.29	4.22
4-Apr-16	11.43	0.00	1.1	2.15		18-May-16	3.88	6.59	3.8	4.67
5-Apr-16	1.18	1.31	1.5	1.40		19-May-16	4.79	6.82	6.9	6.59
6-Apr-16	10.42	0.87	0.9	2.17		20-May-16	1.15	3.90	5.17	4.24
7-Apr-16	8.50	2.42	0	1.89		21-May-16	3.18	4.00	4.24	4.02
8-Apr-16	3.20	6.79	0.3	2.70		22-May-16	2.98	5.54	5.9	5.40
9-Apr-16	7.70	0.87	0.7	1.69		23-May-16	0.91	5.01	6.2	5.12
10-Apr-16	2.42	0.63	0.3	0.69		24-May-16	3.09	4.00	4.23	4.01
11-Apr-16	3.59	0.40	0.2	0.72		25-May-16	0.03	9.89	5.69	6.23
12-Apr-16	1.76	0.27	0	0.32		26-May-16	0.00	5.69	4.2	4.10
13-Apr-16	1.32	0.84	0	0.44		27-May-16	0.00	9.92	15.96	11.95
14-Apr-16	0.08	1.35	0	0.43		28-May-16	0.00	10.04	25.11	17.08
15-Apr-16	0.04	2.39	0	0.74		29-May-16	0.00	5.78	5.5	4.85
16-Apr-16	1.16	0.96	0.65	0.81		30-May-16	4.05	2.00	3.3	3.00
17-Apr-16	0.48	0.99	0.5	0.65		31-May-16	12.48	14.20	17	15.53
18-Apr-16	0.09	0.24	0.7	0.48		1-Jun-16	6.15	0.00	3	2.50
19-Apr-16	0.20	0.75	0.3	0.43		2-Jun-16	1.10	0.00	2.8	1.71
20-Apr-16	0.01	0.25	0	0.08		3-Jun-16	0.73	0.06	0	0.12
21-Apr-16	0.01	0.19	0	0.06		4-Jun-16	4.96	0.04	0	0.68
22-Apr-16	0.53	0.21	0.2	0.25		5-Jun-16	16.22	0.00	0	2.18
23-Apr-16	1.82	0.34	0	0.35		6-Jun-16	16.76	0.00	0	2.25
24-Apr-16	0.99	0.29	0	0.22		7-Jun-16	9.21	0.00	1.9	2.29
25-Apr-16	0.02	0.26	0	0.08		8-Jun-16	0.00	0.00	0	0.00
26-Apr-16	0.03	0.10	0.16	0.12		9-Jun-16	0.06	0.00	0	0.01
27-Apr-16	0.18	0.00	0.74	0.44		10-Jun-16	0.23	0.00	0	0.03
28-Apr-16	0.55	0.00	0.19	0.18		11-Jun-16	2.36	0.00	0	0.32
29-Apr-16	4.72	0.03	0.21	0.76		12-Jun-16	1.03	0.00	0	0.14
30-Apr-16	0.99	0.26	1.33	0.95		13-Jun-16	10.12	0.00	3	3.03
1-May-16	8.53	0.00	0	1.15		14-Jun-16	11.14	0.40	0	1.62
2-May-16	5.05	5.00	5	5.01		15-Jun-16	15.30	1.13	0	2.41
3-May-16	2.18	6.11	5.6	5.30		16-Jun-16	4.81	0.80	0	0.89
4-May-16	4.00	4.00	4	4.00		17-Jun-16	0.06	0.00	0	0.01
5-May-16	5.49	6.00	4.45	5.07		18-Jun-16	0.24	0.00	0	0.03

Tanggal	Stasiun Hujan			\bar{P} (mm)
	Winongan	Umbulan	Panditan	
	R1	R2	R3	
19-Jun-16	1.46	0.00	0	0.20
20-Jun-16	0.84	1.45	0	0.56
21-Jun-16	5.22	17.24	0	6.03
22-Jun-16	0.34	5.46	0	1.73
23-Jun-16	4.53	0.32	0	0.71
24-Jun-16	15.89	0.00	0	2.13
25-Jun-16	12.68	0.00	0	1.70
26-Jun-16	0.81	1.00	1.16	1.06
27-Jun-16	7.00	8.00	6.45	7.00
28-Jun-16	0.34	3.01	3.68	3.03
29-Jun-16	12.78	6.99	3.788	5.98
30-Jun-16	66.49	58.26	59.874	60.26
1-Jul-16	0.22	0.89	0.5	0.58
2-Jul-16	0.06	0.52	0.5	0.45
3-Jul-16	0.13	0.00	0.2	0.13
4-Jul-16	1.42	0.00	0	0.19
5-Jul-16	0.00	0.00	0	0.00
6-Jul-16	0.16	0.00	0	0.02
7-Jul-16	0.05	0.24	0	0.08
8-Jul-16	0.32	0.17	0	0.10
9-Jul-16	0.25	0.00	0.1	0.09
10-Jul-16	0.19	0.00	0.6	0.36
11-Jul-16	0.00	0.00	1.01	0.56
12-Jul-16	0.16	0.00	0	0.02
13-Jul-16	3.14	0.00	0	0.42
14-Jul-16	6.86	0.00	0	0.92
15-Jul-16	3.21	0.00	0	0.43
16-Jul-16	3.59	0.07	0	0.50
17-Jul-16	0.02	0.19	0	0.06
18-Jul-16	0.00	0.00	0	0.00
19-Jul-16	0.00	0.05	0	0.02
20-Jul-16	0.00	0.00	0.9	0.50
21-Jul-16	0.00	0.00	0	0.00
22-Jul-16	0.00	0.00	0	0.00
23-Jul-16	0.00	0.00	0.71	0.40
24-Jul-16	0.17	0.00	0	0.02
25-Jul-16	0.51	0.00	1.4	0.85
26-Jul-16	1.13	0.00	0	0.15
27-Jul-16	0.81	0.00	0	0.11
28-Jul-16	0.34	0.04	0	0.06
29-Jul-16	0.07	0.23	0	0.08
30-Jul-16	0.40	0.00	0	0.05
31-Jul-16	5.97	0.00	0	0.80
1-Aug-16	0.58	0.00	0	0.08

Tanggal	Stasiun Hujan			\bar{P} (mm)
	Winongan	Umbulan	Panditan	
	R1	R2	R3	
2-Aug-16	0.28	0.00	10.6	5.94
3-Aug-16	8.09	0.00	0	1.09
4-Aug-16	1.03	0.00	0	0.14
5-Aug-16	0.00	0.02	0.1	0.06
6-Aug-16	0.32	1.00	0	0.35
7-Aug-16	0.06	0.15	0	0.05
8-Aug-16	0.47	1.06	0	0.39
9-Aug-16	0.34	0.00	0	0.05
10-Aug-16	0.41	1.17	0	0.42
11-Aug-16	0.49	0.65	0	0.26
12-Aug-16	0.22	0.00	0	0.03
13-Aug-16	2.52	0.00	0	0.34
14-Aug-16	0.00	0.00	0	0.00
15-Aug-16	0.00	0.00	0	0.00
16-Aug-16	0.00	0.00	0	0.00
17-Aug-16	0.00	0.00	0	0.00
18-Aug-16	0.00	0.00	0	0.00
19-Aug-16	0.00	0.00	0	0.00
20-Aug-16	0.06	0.00	0	0.01
21-Aug-16	0.00	0.00	0	0.00
22-Aug-16	0.03	0.00	0	0.01
23-Aug-16	0.89	0.00	0	0.12
24-Aug-16	0.02	0.00	0.8	0.45
25-Aug-16	0.02	0.00	0	0.00
26-Aug-16	0.06	0.00	0	0.01
27-Aug-16	0.01	0.00	0	0.00
28-Aug-16	0.00	0.00	0	0.00
29-Aug-16	0.00	0.00	2.2	1.23
30-Aug-16	0.00	0.06	0	0.02
31-Aug-16	0.00	0.09	0.7	0.42
1-Sep-16	0.00	0.06	0	0.02
2-Sep-16	0.00	0.00	0	0.00
3-Sep-16	0.00	0.00	0	0.00
4-Sep-16	0.00	0.00	0	0.00
5-Sep-16	0.00	0.17	0	0.05
6-Sep-16	0.00	0.32	0	0.10
7-Sep-16	0.00	0.00	11.6	6.46
8-Sep-16	0.00	0.00	0	0.00
9-Sep-16	0.00	0.00	0	0.00
10-Sep-16	0.00	0.03	0	0.01
11-Sep-16	0.00	0.00	0	0.00
12-Sep-16	0.00	0.00	1.1	0.61
13-Sep-16	0.00	0.00	0	0.00
14-Sep-16	0.00	0.00	0	0.00

Tanggal	Stasiun Hujan			\bar{P} (mm)			Stasiun Hujan			\bar{P} (mm)	
	Winongan	Umbulan	Panditan				Winongan	Umbulan	Panditan		
	R1	R2	R3				R1	R2	R3		
15-Sep-16	0.00	0.00	0	0.00			29-Oct-16	0.03	0.00	7	3.90
16-Sep-16	0.02	0.00	0	0.00			30-Oct-16	0.02	0.86	0	0.27
17-Sep-16	0.02	0.21	0	0.07			31-Oct-16	0.00	1.70	10.3	6.26
18-Sep-16	0.14	1.09	0	0.36			1-Nov-16	0.00	2.30	2.5	2.10
19-Sep-16	0.00	1.05	0	0.32			2-Nov-16	0.00	2.56	0.5	1.07
20-Sep-16	0.00	0.00	0	0.00			3-Nov-16	0.00	1.07	1.4	1.11
21-Sep-16	0.00	0.00	0	0.00			4-Nov-16	0.00	0.00	0.6	0.33
22-Sep-16	0.00	0.00	0	0.00			5-Nov-16	0.00	0.00	0	0.00
23-Sep-16	0.00	0.00	0	0.00			6-Nov-16	0.00	0.21	0	0.06
24-Sep-16	0.00	0.00	0	0.00			7-Nov-16	0.01	0.00	0	0.00
25-Sep-16	0.19	0.01	0	0.03			8-Nov-16	0.06	6.05	0	1.88
26-Sep-16	0.00	0.00	3.3	1.84			9-Nov-16	0.00	0.29	0.7	0.48
27-Sep-16	0.00	0.00	1.8	1.00			10-Nov-16	0.00	0.46	0	0.14
28-Sep-16	0.40	0.00	0	0.05			11-Nov-16	0.53	1.09	0	0.41
29-Sep-16	0.33	0.00	0	0.04			12-Nov-16	5.95	0.39	0	0.92
30-Sep-16	0.40	0.00	0	0.05			13-Nov-16	0.64	0.05	1.7	1.05
1-Oct-16	2.71	0.00	0	0.37			14-Nov-16	6.83	0.19	0	0.97
2-Oct-16	0.00	0.00	0	0.00			15-Nov-16	15.11	0.26	1	2.67
3-Oct-16	0.03	0.00	0	0.01			16-Nov-16	26.11	0.22	0.6	3.91
4-Oct-16	0.00	0.00	0	0.00			17-Nov-16	2.98	0.11	1.7	1.38
5-Oct-16	0.00	0.00	0	0.00			18-Nov-16	0.56	1.58	3.22	2.36
6-Oct-16	0.07	0.57	0	0.19			19-Nov-16	1.72	3.82	2.2	2.64
7-Oct-16	0.00	0.60	0	0.19			20-Nov-16	0.51	4.20	0	1.37
8-Oct-16	0.00	0.27	0	0.08			21-Nov-16	0.25	5.40	1.2	2.37
9-Oct-16	0.15	1.39	0	0.45			22-Nov-16	0.00	1.98	1.56	1.48
10-Oct-16	0.00	5.35	0	1.66			23-Nov-16	0.00	0.50	1.4	0.93
11-Oct-16	0.00	20.91	0	6.47			24-Nov-16	0.00	0.62	0.6	0.53
12-Oct-16	0.00	25.59	0	7.91			25-Nov-16	0.01	12.99	0.5	4.30
13-Oct-16	0.52	3.22	0	1.07			26-Nov-16	4.11	3.12	0.5	1.79
14-Oct-16	1.23	0.03	0	0.18			27-Nov-16	0.74	1.01	0.36	0.61
15-Oct-16	7.68	0.01	0	1.04			28-Nov-16	6.68	8.18	2.5	4.82
16-Oct-16	24.23	0.00	0	3.25			29-Nov-16	16.79	11.70	0.8	6.32
17-Oct-16	5.06	0.00	5.7	3.85			30-Nov-16	15.25	9.49	3.6	6.98
18-Oct-16	0.00	0.00	0	0.00			1-Dec-16	17.14	15.66	3.9	9.31
19-Oct-16	0.00	0.06	2.45	1.38			2-Dec-16	8.77	6.10	7.2	7.07
20-Oct-16	0.00	0.33	4.02	2.34			3-Dec-16	6.41	5.67	7.1	6.57
21-Oct-16	0.00	0.80	6.06	3.62			4-Dec-16	2.99	4.26	6.5	5.34
22-Oct-16	0.00	1.16	0	0.36			5-Dec-16	0.53	7.16	3.6	4.29
23-Oct-16	0.01	1.44	7.6	4.68			6-Dec-16	0.02	21.40	4.1	8.90
24-Oct-16	0.00	0.00	6.1	3.40			7-Dec-16	19.80	25.96	15.597	19.36
25-Oct-16	0.00	0.00	0	0.00			8-Dec-16	13.32	22.89	30.39	25.78
26-Oct-16	0.00	0.00	0	0.00			9-Dec-16	3.54	14.69	0	5.02
27-Oct-16	0.00	0.00	2.9	1.62			10-Dec-16	10.04	9.13	2.3	5.45
28-Oct-16	0.00	0.00	0	0.00			11-Dec-16	27.72	8.00	9.3	11.37

Tanggal	Stasiun Hujan			\bar{P} (mm)
	Winongan	Umbulan	Panditan	
	R1	R2	R3	
12-Dec-16	42.38	7.54	2.8	9.58
13-Dec-16	11.26	7.97	8.9	8.93
14-Dec-16	5.30	5.72	7.18	6.47
15-Dec-16	8.93	8.29	6.6	7.43
16-Dec-16	13.09	18.63	0.5	7.80
17-Dec-16	8.92	7.82	8.9	8.57
18-Dec-16	0.87	0.14	8.8	5.06
19-Dec-16	3.71	6.75	3.2	4.37
20-Dec-16	6.06	3.04	5.1	4.59
21-Dec-16	4.91	3.30	2.3	2.96
22-Dec-16	0.84	0.83	6.7	4.10
23-Dec-16	0.07	3.71	5.4	4.16
24-Dec-16	0.78	0.58	8.3	4.90
25-Dec-16	4.49	0.55	14.5	8.84
26-Dec-16	12.72	5.95	0.6	3.88
27-Dec-16	20.81	15.75	40.4	30.15
28-Dec-16	14.10	11.09	12	12.00
29-Dec-16	17.58	10.12	9.2	10.61
30-Dec-16	33.28	4.06	10.6	11.62
31-Dec-16	26.05	0.4378	5.4	6.64

Sumber : Hasil Analisa

Lampiran A. 2 Perhitungan Curah Hujan Wilayah Polygon Thiesen Tahun 2029

Tanggal	Stasiun Hujan			\bar{P} (mm)			Stasiun Hujan			\bar{P} (mm)	
	Winongan	Umbulan	Panditan				Winongan	Umbulan	Panditan		
	R1	R2	R3				R1	R2	R3		
1-Jan-29	15.58	16.01	15.07	15.43			10-Feb-29	25.36	16.35	22.97	21.24
2-Jan-29	18.28	18.78	17.68	18.10			11-Feb-29	26.50	17.53	14.00	16.77
3-Jan-29	8.79	9.04	8.51	8.71			12-Feb-29	11.03	13.39	15.27	14.12
4-Jan-29	6.93	7.12	6.70	6.86			13-Feb-29	16.08	17.86	11.73	14.21
5-Jan-29	4.20	4.32	4.06	4.16			14-Feb-29	10.21	12.54	54.53	35.60
6-Jan-29	2.88	2.96	2.78	2.85			15-Feb-29	15.20	16.56	11.88	13.77
7-Jan-29	3.80	3.90	3.67	3.76			16-Feb-29	8.00	8.04	8.91	8.52
8-Jan-29	15.52	15.95	15.01	15.37			17-Feb-29	8.63	8.77	8.29	8.48
9-Jan-29	11.12	11.98	10.10	10.82			18-Feb-29	24.24	15.18	21.95	20.16
10-Jan-29	15.94	16.38	15.41	15.78			19-Feb-29	13.77	14.30	12.47	13.21
11-Jan-29	14.63	15.04	14.16	14.49			20-Feb-29	9.90	10.28	8.97	9.50
12-Jan-29	19.14	19.67	18.51	18.95			21-Feb-29	12.16	12.63	11.01	11.66
13-Jan-29	19.99	11.10	18.68	16.51			22-Feb-29	12.81	13.69	10.66	11.88
14-Jan-29	17.62	18.94	16.06	17.16			23-Feb-29	9.83	9.60	9.96	9.83
15-Jan-29	16.25	16.98	15.39	15.99			24-Feb-29	1.36	2.57	8.40	5.65
16-Jan-29	18.22	19.01	17.30	17.95			25-Feb-29	10.30	9.09	9.39	9.42
17-Jan-29	11.58	12.18	20.87	16.93			26-Feb-29	8.39	9.10	6.65	7.64
18-Jan-29	17.76	18.25	17.17	17.59			27-Feb-29	6.57	7.21	5.01	5.90
19-Jan-29	14.60	15.57	13.47	14.27			28-Feb-29	3.41	3.54	3.09	3.27
20-Jan-29	21.55	22.15	20.85	21.34			1-Mar-29	1.71	1.86	1.62	1.70
21-Jan-29	22.69	23.32	21.95	22.47			2-Mar-29	5.05	5.50	4.78	5.04
22-Jan-29	18.66	19.18	18.05	18.48			3-Mar-29	2.78	3.03	2.64	2.78
23-Jan-29	12.54	12.89	12.13	12.42			4-Mar-29	0.29	0.32	0.27	0.29
24-Jan-29	10.85	11.15	10.49	10.74			5-Mar-29	0.00	0.00	0.00	0.00
25-Jan-29	17.93	18.43	17.35	17.76			6-Mar-29	0.12	0.13	0.11	0.12
26-Jan-29	16.38	17.39	15.19	16.03			7-Mar-29	8.51	9.27	8.05	8.49
27-Jan-29	16.06	17.62	14.23	15.52			8-Mar-29	4.99	5.44	4.72	4.98
28-Jan-29	40.75	11.89	19.42	19.96			9-Mar-29	9.00	9.00	9.00	9.00
29-Jan-29	19.74	10.57	18.77	16.36			10-Mar-29	8.17	8.18	8.16	8.17
30-Jan-29	12.71	13.90	11.32	12.30			11-Mar-29	8.04	8.04	8.03	8.04
31-Jan-29	27.13	27.88	16.24	21.30			12-Mar-29	10.57	10.62	10.54	10.57
1-Feb-29	17.58	19.42	13.09	15.65			13-Mar-29	20.54	22.37	19.43	20.49
2-Feb-29	28.80	19.91	26.08	24.54			14-Mar-29	17.51	19.07	16.57	17.47
3-Feb-29	21.35	22.18	19.34	20.49			15-Mar-29	8.09	8.82	7.66	8.08
4-Feb-29	15.35	15.95	13.90	14.73			16-Mar-29	7.05	7.68	6.67	7.04
5-Feb-29	25.47	26.46	23.07	24.44			17-Mar-29	11.91	12.98	11.28	11.89
6-Feb-29	24.60	25.56	22.28	23.61			18-Mar-29	13.12	14.29	12.42	13.09
7-Feb-29	20.43	21.22	18.50	19.60			19-Mar-29	17.93	12.21	5.36	9.17
8-Feb-29	16.97	18.79	12.54	15.06			20-Mar-29	12.28	16.95	9.48	12.16
9-Feb-29	37.27	18.71	3.75	12.87			21-Mar-29	16.30	11.34	3.29	7.52

Tanggal	Stasiun Hujan			\bar{P} (mm)
	Winongan	Umbulan	Panditan	
	R1	R2	R3	
22-Mar-29	7.62	8.30	7.21	7.60
23-Mar-29	2.09	2.28	1.98	2.09
24-Mar-29	11.99	13.06	11.35	11.96
25-Mar-29	8.92	9.71	8.44	8.90
26-Mar-29	6.83	7.44	6.47	6.82
27-Mar-29	10.19	11.10	9.65	10.17
28-Mar-29	9.81	10.68	9.28	9.78
29-Mar-29	9.95	10.84	9.41	9.93
30-Mar-29	8.37	8.49	8.30	8.37
31-Mar-29	7.05	7.05	7.04	7.05
1-Apr-29	0.46	0.48	0.36	0.41
2-Apr-29	0.18	0.18	0.14	0.16
3-Apr-29	0.35	0.37	0.28	0.32
4-Apr-29	0.14	0.15	0.11	0.12
5-Apr-29	3.54	3.69	2.80	3.17
6-Apr-29	10.25	10.70	8.12	9.20
7-Apr-29	8.77	9.15	6.95	7.87
8-Apr-29	7.30	7.62	5.78	6.55
9-Apr-29	0.88	0.92	0.69	0.79
10-Apr-29	1.66	1.73	1.31	1.49
11-Apr-29	5.09	5.31	4.03	4.57
12-Apr-29	7.40	7.73	5.86	6.65
13-Apr-29	0.03	0.03	0.02	0.03
14-Apr-29	0.00	0.00	0.00	0.00
15-Apr-29	0.00	0.00	0.00	0.00
16-Apr-29	0.00	0.00	0.00	0.00
17-Apr-29	0.00	0.00	0.00	0.00
18-Apr-29	0.00	0.00	0.00	0.00
19-Apr-29	0.00	0.00	0.00	0.00
20-Apr-29	0.00	0.00	0.00	0.00
21-Apr-29	0.50	0.52	0.40	0.45
22-Apr-29	5.63	5.88	4.46	5.06
23-Apr-29	5.24	5.47	4.15	4.71
24-Apr-29	3.88	4.05	3.08	3.49
25-Apr-29	3.72	3.88	2.95	3.34
26-Apr-29	3.34	3.48	2.64	3.00
27-Apr-29	0.89	0.93	0.71	0.80
28-Apr-29	0.78	0.81	0.61	0.70
29-Apr-29	0.14	0.15	0.11	0.12
30-Apr-29	0.23	0.24	0.18	0.21
1-May-29	0.29	0.34	0.27	0.29
2-May-29	1.77	2.08	1.62	1.78
3-May-29	4.05	4.75	3.69	4.07
4-May-29	5.56	6.51	5.06	5.58

Tanggal	Stasiun Hujan			\bar{P} (mm)
	Winongan	Umbulan	Panditan	
	R1	R2	R3	
5-May-29	8.58	10.05	7.81	8.61
6-May-29	1.33	1.39	1.30	1.33
7-May-29	1.23	1.27	1.21	1.23
8-May-29	2.00	1.00	1.00	1.14
9-May-29	4.01	3.01	3.01	3.14
10-May-29	1.00	1.00	1.00	1.00
11-May-29	1.00	1.00	1.00	1.00
12-May-29	0.01	0.01	0.01	0.01
13-May-29	0.01	4.01	0.01	1.25
14-May-29	2.00	3.00	2.00	2.31
15-May-29	0.00	1.00	0.00	0.31
16-May-29	1.00	0.00	3.00	1.80
17-May-29	0.00	0.00	0.00	0.00
18-May-29	1.00	1.00	1.00	1.00
19-May-29	0.00	0.00	0.00	0.00
20-May-29	0.00	3.00	0.00	0.93
21-May-29	1.00	0.00	2.00	1.25
22-May-29	0.09	0.11	0.08	0.09
23-May-29	1.02	0.03	1.02	0.71
24-May-29	0.02	1.03	0.02	0.33
25-May-29	3.00	3.00	3.00	3.00
26-May-29	2.00	2.00	2.00	2.00
27-May-29	1.01	1.19	0.92	1.02
28-May-29	0.98	1.15	0.90	0.99
29-May-29	0.00	0.00	30.00	16.70
30-May-29	0.00	0.00	0.00	0.00
31-May-29	0.01	0.01	0.01	0.01
1-Jun-29	11.02	0.02	0.02	1.50
2-Jun-29	0.23	0.30	0.22	0.25
3-Jun-29	0.00	0.00	0.00	0.00
4-Jun-29	0.17	0.22	0.16	0.18
5-Jun-29	0.50	0.65	0.48	0.54
6-Jun-29	1.04	0.05	0.04	0.17
7-Jun-29	3.00	0.00	0.00	0.40
8-Jun-29	0.30	0.39	0.29	0.32
9-Jun-29	0.01	0.02	0.01	0.01
10-Jun-29	0.00	0.00	0.00	0.00
11-Jun-29	0.02	0.03	0.02	0.02
12-Jun-29	14.77	19.30	14.23	15.87
13-Jun-29	8.23	10.76	7.93	8.85
14-Jun-29	0.78	1.02	0.75	0.84
15-Jun-29	1.33	1.74	1.29	1.43
16-Jun-29	1.62	2.11	1.56	1.74
17-Jun-29	0.00	0.00	0.00	0.00

Tanggal	Stasiun Hujan			\bar{P} (mm)
	Winongan	Umbulan	Panditan	
	R1	R2	R3	
18-Jun-29	0.02	0.03	0.02	0.02
19-Jun-29	0.01	0.02	0.01	0.01
20-Jun-29	0.00	0.00	0.00	0.00
21-Jun-29	0.00	0.00	0.00	0.00
22-Jun-29	0.33	0.43	0.32	0.36
23-Jun-29	1.50	1.96	1.44	1.61
24-Jun-29	0.00	0.00	0.00	0.00
25-Jun-29	0.00	0.00	0.00	0.00
26-Jun-29	0.00	0.00	0.00	0.00
27-Jun-29	0.62	0.81	0.60	0.67
28-Jun-29	0.24	0.31	0.23	0.26
29-Jun-29	1.94	2.54	1.87	2.09
30-Jun-29	0.13	0.17	0.13	0.14
1-Jul-29	0.31	30.62	0.44	9.75
2-Jul-29	1.89	3.79	2.65	2.90
3-Jul-29	0.00	0.00	0.00	0.00
4-Jul-29	0.00	0.00	0.00	0.00
5-Jul-29	0.06	0.12	0.08	0.09
6-Jul-29	0.00	0.00	0.00	0.00
7-Jul-29	0.18	0.35	0.25	0.27
8-Jul-29	0.01	0.02	0.01	0.01
9-Jul-29	0.00	0.00	0.00	0.00
10-Jul-29	0.03	0.05	0.04	0.04
11-Jul-29	0.00	0.00	0.00	0.00
12-Jul-29	0.00	0.00	0.00	0.00
13-Jul-29	0.00	0.00	0.00	0.00
14-Jul-29	0.00	0.00	0.00	0.00
15-Jul-29	0.00	0.00	0.00	0.00
16-Jul-29	0.03	0.07	0.05	0.05
17-Jul-29	0.03	0.05	0.04	0.04
18-Jul-29	0.00	0.00	0.00	0.00
19-Jul-29	0.27	0.55	0.38	0.42
20-Jul-29	0.11	0.22	0.16	0.17
21-Jul-29	0.13	0.26	0.18	0.20
22-Jul-29	0.00	0.00	0.00	0.00
23-Jul-29	0.00	0.00	0.00	0.00
24-Jul-29	0.04	0.08	0.06	0.06
25-Jul-29	0.00	0.00	0.00	0.00
26-Jul-29	0.00	0.00	0.00	0.00
27-Jul-29	0.00	0.00	0.00	0.00
28-Jul-29	0.00	0.00	0.00	0.00
29-Jul-29	0.00	0.00	0.00	0.00
30-Jul-29	0.00	0.00	0.00	0.00
31-Jul-29	0.00	0.00	0.00	0.00

Tanggal	Stasiun Hujan			\bar{P} (mm)
	Winongan	Umbulan	Panditan	
	R1	R2	R3	
1-Aug-29	0.00	0.00	0.00	0.00
2-Aug-29	0.00	0.00	0.00	0.00
3-Aug-29	0.00	0.00	0.00	0.00
4-Aug-29	0.00	0.00	0.00	0.00
5-Aug-29	0.00	0.00	0.00	0.00
6-Aug-29	0.00	0.00	0.00	0.00
7-Aug-29	0.00	0.00	0.00	0.00
8-Aug-29	0.00	0.00	0.00	0.00
9-Aug-29	0.00	0.00	0.00	0.00
10-Aug-29	0.04	0.04	0.04	0.04
11-Aug-29	0.00	0.00	0.00	0.00
12-Aug-29	0.00	0.00	0.00	0.00
13-Aug-29	0.00	0.00	0.00	0.00
14-Aug-29	0.00	0.00	0.00	0.00
15-Aug-29	0.00	0.00	0.00	0.00
16-Aug-29	0.00	0.00	0.00	0.00
17-Aug-29	0.00	0.00	0.00	0.00
18-Aug-29	0.00	0.00	0.00	0.00
19-Aug-29	0.00	0.00	0.00	0.00
20-Aug-29	0.00	0.00	0.00	0.00
21-Aug-29	0.00	0.00	0.00	0.00
22-Aug-29	0.00	0.00	0.00	0.00
23-Aug-29	0.00	0.00	0.00	0.00
24-Aug-29	0.00	0.00	0.00	0.00
25-Aug-29	0.00	0.00	0.00	0.00
26-Aug-29	0.00	0.00	0.00	0.00
27-Aug-29	0.00	0.00	0.00	0.00
28-Aug-29	0.00	0.00	0.00	0.00
29-Aug-29	0.00	0.00	0.00	0.00
30-Aug-29	0.00	0.00	0.00	0.00
31-Aug-29	0.00	0.00	0.00	0.00
1-Sep-29	0.00	0.00	0.00	0.00
2-Sep-29	0.03	0.03	0.03	0.03
3-Sep-29	0.59	0.59	0.59	0.59
4-Sep-29	0.24	0.24	0.24	0.24
5-Sep-29	0.00	0.00	0.00	0.00
6-Sep-29	0.03	0.03	0.03	0.03
7-Sep-29	0.01	0.01	0.01	0.01
8-Sep-29	0.00	0.00	0.00	0.00
9-Sep-29	0.00	0.00	0.00	0.00
10-Sep-29	3.40	3.41	3.41	3.41
11-Sep-29	0.00	0.00	0.00	0.00
12-Sep-29	0.00	0.00	0.00	0.00
13-Sep-29	0.00	0.00	0.00	0.00

Tanggal	Stasiun Hujan			\bar{P} (mm)
	Winongan	Umbulan	Panditan	
	R1	R2	R3	
14-Sep-29	0.00	0.00	0.00	0.00
15-Sep-29	0.00	0.00	0.00	0.00
16-Sep-29	0.00	0.00	0.00	0.00
17-Sep-29	0.03	0.03	0.03	0.03
18-Sep-29	0.00	0.00	0.00	0.00
19-Sep-29	0.00	0.00	0.00	0.00
20-Sep-29	0.00	0.00	0.00	0.00
21-Sep-29	0.00	0.00	0.00	0.00
22-Sep-29	0.00	0.00	0.00	0.00
23-Sep-29	0.00	0.00	0.00	0.00
24-Sep-29	0.00	0.00	0.00	0.00
25-Sep-29	0.00	0.00	0.00	0.00
26-Sep-29	0.00	0.00	0.00	0.00
27-Sep-29	0.00	0.00	0.00	0.00
28-Sep-29	0.00	0.00	0.00	0.00
29-Sep-29	0.00	0.00	0.00	0.00
30-Sep-29	0.00	0.00	0.00	0.00
1-Oct-29	0.00	0.00	0.00	0.00
2-Oct-29	0.29	0.30	0.30	0.30
3-Oct-29	0.91	0.93	0.92	0.92
4-Oct-29	0.10	0.10	0.10	0.10
5-Oct-29	0.00	0.00	0.00	0.00
6-Oct-29	0.00	0.00	0.00	0.00
7-Oct-29	0.00	0.00	0.00	0.00
8-Oct-29	0.00	0.00	0.00	0.00
9-Oct-29	0.00	0.00	0.00	0.00
10-Oct-29	0.14	0.14	0.14	0.14
11-Oct-29	0.00	0.00	0.00	0.00
12-Oct-29	0.04	0.04	0.04	0.04
13-Oct-29	0.18	0.18	0.18	0.18
14-Oct-29	0.00	0.00	0.00	0.00
15-Oct-29	0.00	0.00	0.00	0.00
16-Oct-29	0.00	0.00	0.00	0.00
17-Oct-29	0.00	0.00	0.00	0.00
18-Oct-29	0.00	0.00	0.00	0.00
19-Oct-29	0.00	0.00	0.00	0.00
20-Oct-29	0.00	0.00	0.00	0.00
21-Oct-29	0.00	0.00	0.00	0.00
22-Oct-29	0.00	0.00	0.00	0.00
23-Oct-29	0.00	0.00	0.00	0.00
24-Oct-29	0.05	0.06	0.06	0.06
25-Oct-29	0.05	0.06	0.06	0.06
26-Oct-29	4.22	4.29	4.27	4.27
27-Oct-29	9.53	9.68	9.63	9.63

Tanggal	Stasiun Hujan			\bar{P} (mm)
	Winongan	Umbulan	Panditan	
	R1	R2	R3	
28-Oct-29	1.83	2.01	11.96	7.52
29-Oct-29	8.15	8.45	8.36	8.36
30-Oct-29	7.01	7.60	7.42	7.42
31-Oct-29	9.98	0.95	6.66	5.34
1-Nov-29	6.91	9.81	5.45	6.99
2-Nov-29	2.00	4.65	2.50	3.10
3-Nov-29	4.09	5.83	3.42	4.25
4-Nov-29	0.09	10.60	0.19	3.39
5-Nov-29	0.84	0.89	0.85	0.86
6-Nov-29	0.57	0.60	0.57	0.58
7-Nov-29	0.00	0.00	0.00	0.00
8-Nov-29	0.00	0.00	0.00	0.00
9-Nov-29	0.00	0.00	0.00	0.00
10-Nov-29	0.00	0.00	0.00	0.00
11-Nov-29	0.02	0.02	0.02	0.02
12-Nov-29	0.00	0.00	0.00	0.00
13-Nov-29	0.47	0.49	0.47	0.48
14-Nov-29	0.96	1.01	0.97	0.98
15-Nov-29	0.29	0.31	0.30	0.30
16-Nov-29	0.33	0.35	0.33	0.34
17-Nov-29	0.01	0.01	0.01	0.01
18-Nov-29	0.00	0.00	0.00	0.00
19-Nov-29	1.20	1.26	1.21	1.22
20-Nov-29	18.68	19.63	1.85	9.61
21-Nov-29	2.94	3.09	2.97	3.00
22-Nov-29	8.84	9.29	8.93	9.03
23-Nov-29	10.54	2.10	0.83	2.53
24-Nov-29	8.26	2.25	9.01	6.82
25-Nov-29	4.68	6.44	5.01	5.41
26-Nov-29	0.62	21.67	2.81	8.35
27-Nov-29	3.65	4.86	3.88	4.15
28-Nov-29	9.12	9.58	9.21	9.31
29-Nov-29	2.83	2.97	2.86	2.89
30-Nov-29	2.74	2.88	2.77	2.80
1-Dec-29	3.01	3.15	3.01	3.05
2-Dec-29	6.57	6.86	6.55	6.65
3-Dec-29	6.54	6.83	6.52	6.62
4-Dec-29	9.57	10.00	9.54	9.69
5-Dec-29	3.59	3.75	3.58	3.64
6-Dec-29	4.86	4.90	4.86	4.87
7-Dec-29	7.60	7.63	7.60	7.61
8-Dec-29	20.54	1.45	20.48	14.60
9-Dec-29	6.42	6.71	6.40	6.50
10-Dec-29	5.29	5.30	5.29	5.29

Tanggal	Stasiun Hujan			\bar{P} (mm)
	Winongan	Umbulan	Panditan	
	R1	R2	R3	
11-Dec-29	3.00	3.00	3.00	3.00
12-Dec-29	4.03	4.03	4.03	4.03
13-Dec-29	5.03	5.03	5.03	5.03
14-Dec-29	3.74	3.77	3.74	3.75
15-Dec-29	2.75	2.87	2.74	2.78
16-Dec-29	0.36	11.26	20.30	14.83
17-Dec-29	1.43	22.38	21.37	19.00
18-Dec-29	8.12	10.26	7.98	8.70
19-Dec-29	0.27	1.72	10.24	6.27
20-Dec-29	3.34	3.35	3.34	3.34
21-Dec-29	3.09	3.09	3.09	3.09
22-Dec-29	1.33	1.39	1.32	1.34
23-Dec-29	2.92	2.97	2.92	2.94
24-Dec-29	1.42	1.44	1.42	1.43
25-Dec-29	9.01	9.01	9.01	9.01
26-Dec-29	7.79	7.87	7.79	7.82
27-Dec-29	18.29	29.99	8.18	16.28
28-Dec-29	14.90	16.00	14.83	15.20
29-Dec-29	13.50	14.54	11.43	12.67
30-Dec-29	16.55	17.28	16.50	16.75
31-Dec-29	13.49	14.09	13.45	13.66

Sumber : Hasil Analisa

Lampiran A. 3 Perbandingan Debit Model dan Observasi

Date	Time	Outflow Obs (m ³ /det)	Outflow Model (m ³ /det)	Date	Time	Outflow Obs (m ³ /det)	Outflow Model (m ³ /det)
1-Jan-16	0:00	32.7	13	11-Feb-16	0:00	28.4	36.7
2-Jan-16	0:00	29.9	22.7	12-Feb-16	0:00	43.6	42.6
3-Jan-16	0:00	27.5	23.1	13-Feb-16	0:00	38.4	35.2
4-Jan-16	0:00	26.3	22.8	14-Feb-16	0:00	30.9	30.3
5-Jan-16	0:00	26.1	22.7	15-Feb-16	0:00	33.5	35.3
6-Jan-16	0:00	24.7	22.7	16-Feb-16	0:00	39	31.5
7-Jan-16	0:00	23	23.1	17-Feb-16	0:00	34.1	30.8
8-Jan-16	0:00	23	23.1	18-Feb-16	0:00	34.6	31.1
9-Jan-16	0:00	22.8	23	19-Feb-16	0:00	29.9	30
10-Jan-16	0:00	22.6	22.8	20-Feb-16	0:00	29.4	34.7
11-Jan-16	0:00	22.4	22.6	21-Feb-16	0:00	24.5	30
12-Jan-16	0:00	21.3	22.6	22-Feb-16	0:00	31.4	25.8
13-Jan-16	0:00	21.1	22.5	23-Feb-16	0:00	16.4	25.4
14-Jan-16	0:00	20.9	22.5	24-Feb-16	0:00	21.6	23.8
15-Jan-16	0:00	20.6	22.7	25-Feb-16	0:00	14	22.8
16-Jan-16	0:00	20.6	22.8	26-Feb-16	0:00	11.6	23.4
17-Jan-16	0:00	20.8	23.2	27-Feb-16	0:00	15.2	23.3
18-Jan-16	0:00	27.2	29.7	28-Feb-16	0:00	26.8	28.2
19-Jan-16	0:00	28.2	31.8	29-Feb-16	0:00	27.7	26.7
20-Jan-16	0:00	33.3	29.4	1-Mar-16	0:00	16.4	24.2
21-Jan-16	0:00	29.6	27.2	2-Mar-16	0:00	19.8	10.1
22-Jan-16	0:00	34.1	38.6	3-Mar-16	0:00	20.2	10.2
23-Jan-16	0:00	39.9	35	4-Mar-16	0:00	12	11.2
24-Jan-16	0:00	30.1	31.6	5-Mar-16	0:00	10.8	11.4
25-Jan-16	0:00	27.2	29.3	6-Mar-16	0:00	10.9	9.8
26-Jan-16	0:00	30.9	37	7-Mar-16	0:00	18.1	20.7
27-Jan-16	0:00	32.7	37.3	8-Mar-16	0:00	30.7	27.5
28-Jan-16	0:00	31.2	38.2	9-Mar-16	0:00	29.6	27
29-Jan-16	0:00	31.7	34.2	10-Mar-16	0:00	28.7	25.7
30-Jan-16	0:00	33.8	31.3	11-Mar-16	0:00	31.7	25
31-Jan-16	0:00	29.9	29.7	12-Mar-16	0:00	31.4	25.1
1-Feb-16	0:00	31.2	30.6	13-Mar-16	0:00	28.2	24.9
2-Feb-16	0:00	36.6	33.7	14-Mar-16	0:00	27.9	29.3
3-Feb-16	0:00	33.5	33.8	15-Mar-16	0:00	36	35.9
4-Feb-16	0:00	33	33.1	16-Mar-16	0:00	30.7	40.5
5-Feb-16	0:00	29.9	31.4	17-Mar-16	0:00	29.6	36.6
6-Feb-16	0:00	35.8	28.7	18-Mar-16	0:00	31.9	33.4
7-Feb-16	0:00	31.9	33.1	19-Mar-16	0:00	31.7	31.1
8-Feb-16	0:00	30.7	36.4	20-Mar-16	0:00	30.1	26.5
9-Feb-16	0:00	43	39.5	21-Mar-16	0:00	29.4	21.2
10-Feb-16	0:00	41.4	30.7	22-Mar-16	0:00	26.1	20.8

Date	Time	Outflow Obs (m ³ /det)	Outflow Model (m ³ /det)
23-Mar-16	0:00	27.9	21.4
24-Mar-16	0:00	27.7	20
25-Mar-16	0:00	27	20.6
26-Mar-16	0:00	25.2	23.6
27-Mar-16	0:00	24.7	25.8
28-Mar-16	0:00	27	23.9
29-Mar-16	0:00	28.4	20.5
30-Mar-16	0:00	28.9	19.9
31-Mar-16	0:00	29.9	35.2
1-Apr-16	0:00	30.1	20.9
2-Apr-16	0:00	28.2	37.7
3-Apr-16	0:00	27.7	34.4
4-Apr-16	0:00	29.1	34.6
5-Apr-16	0:00	29.9	33.8
6-Apr-16	0:00	28.4	34.5
7-Apr-16	0:00	28.7	34.4
8-Apr-16	0:00	28.7	35.5
9-Apr-16	0:00	31.4	34.6
10-Apr-16	0:00	34.4	32.6
11-Apr-16	0:00	29.1	31.9
12-Apr-16	0:00	27.9	31
13-Apr-16	0:00	30.4	30.8
14-Apr-16	0:00	31.7	30.7
15-Apr-16	0:00	39.5	31.1
16-Apr-16	0:00	31.7	31.4
17-Apr-16	0:00	31.4	31.3
18-Apr-16	0:00	35.5	31
19-Apr-16	0:00	31.9	30.8
20-Apr-16	0:00	30.1	30.2
21-Apr-16	0:00	30.1	29.9
22-Apr-16	0:00	30.4	30
23-Apr-16	0:00	29.4	30.3
24-Apr-16	0:00	29.4	30.2
25-Apr-16	0:00	28.7	30
26-Apr-16	0:00	31.9	29.9
27-Apr-16	0:00	34.6	30.4
28-Apr-16	0:00	30.4	30.2
29-Apr-16	0:00	29.9	30.9
30-Apr-16	0:00	29.4	31.5
1-May-16	0:00	29.9	32.1
2-May-16	0:00	28.9	23.8
3-May-16	0:00	27.9	26
4-May-16	0:00	27.7	25.4
5-May-16	0:00	27.7	26.5

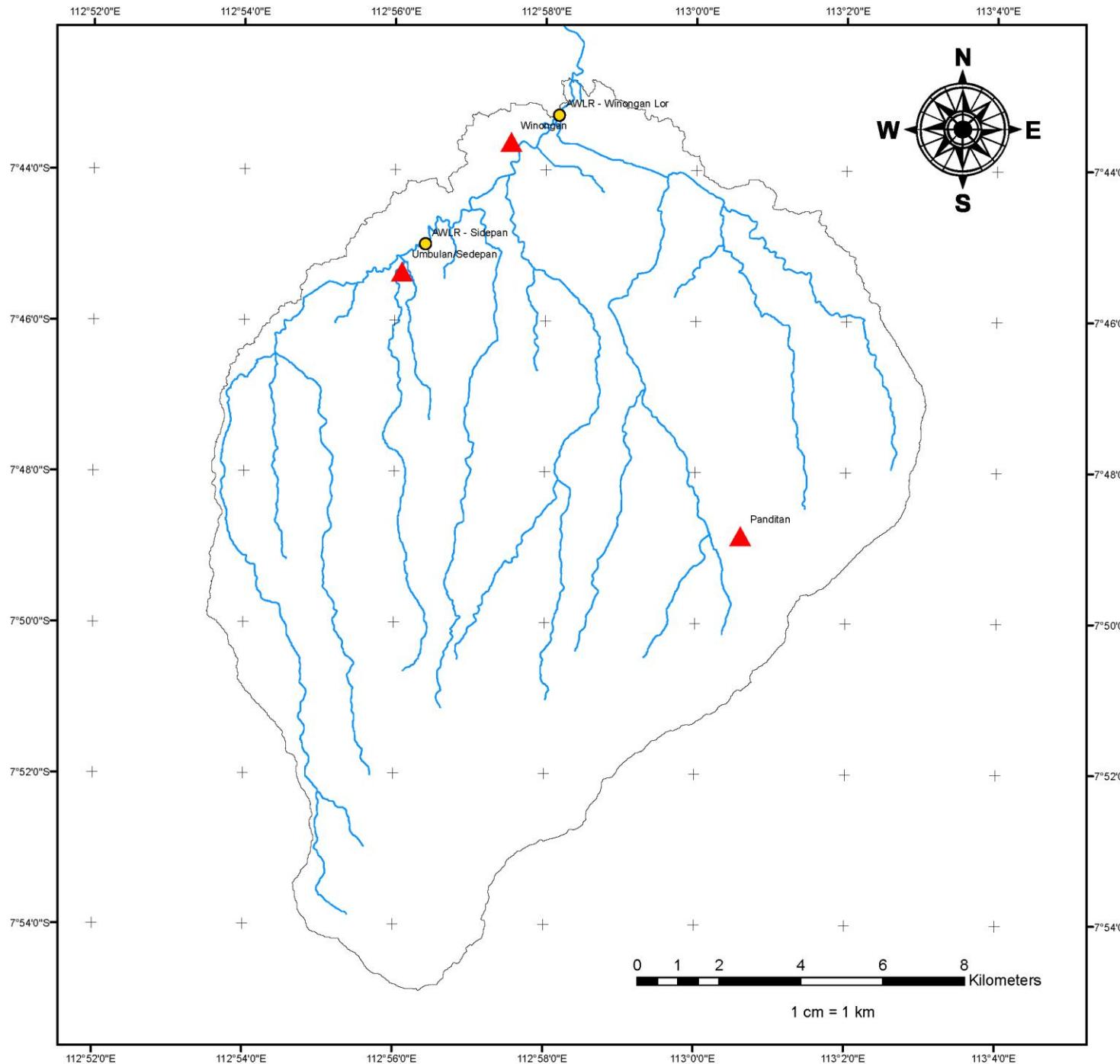
Date	Time	Outflow Obs (m ³ /det)	Outflow Model (m ³ /det)
6-May-16	0:00	27.9	26.8
7-May-16	0:00	27.2	22.2
8-May-16	0:00	27.7	22.3
9-May-16	0:00	28.4	24.2
10-May-16	0:00	27.9	21.8
11-May-16	0:00	28.2	31.5
12-May-16	0:00	29.1	25.8
13-May-16	0:00	29.9	25.3
14-May-16	0:00	27.9	25.8
15-May-16	0:00	30.9	27.7
16-May-16	0:00	30.1	27.3
17-May-16	0:00	29.1	26.2
18-May-16	0:00	28.7	26.4
19-May-16	0:00	28.2	29.2
20-May-16	0:00	33	27.2
21-May-16	0:00	29.1	25.8
22-May-16	0:00	28.9	27.3
23-May-16	0:00	27.7	27.6
24-May-16	0:00	25.6	26.1
25-May-16	0:00	25.4	28.6
26-May-16	0:00	25.2	26.8
27-May-16	0:00	38.4	37.1
28-May-16	0:00	62.1	49.5
29-May-16	0:00	31.9	37.1
30-May-16	0:00	35.5	28.3
31-May-16	0:00	40.8	42.9
1-Jun-16	0:00	28.9	31.1
2-Jun-16	0:00	29.9	30.9
3-Jun-16	0:00	32.2	26.1
4-Jun-16	0:00	29.4	24.7
5-Jun-16	0:00	31.4	26.5
6-Jun-16	0:00	28.7	27.4
7-Jun-16	0:00	29.6	27.8
8-Jun-16	0:00	28.2	24.7
9-Jun-16	0:00	27	23.2
10-Jun-16	0:00	26.3	22.6
11-Jun-16	0:00	26.1	22.8
12-Jun-16	0:00	25.4	22.7
13-Jun-16	0:00	27	26.8
14-Jun-16	0:00	27.9	26.7
15-Jun-16	0:00	29.4	27.6
16-Jun-16	0:00	29.4	25.9
17-Jun-16	0:00	29.4	23.7
18-Jun-16	0:00	28.2	22.8

Date	Time	Outflow Obs (m³/det)	Outflow Model (m³/det)	Date	Time	Outflow Obs (m³/det)	Outflow Model (m³/det)
19-Jun-16	0:00	28.2	22.7	2-Aug-16	0:00	26.3	35.1
20-Jun-16	0:00	26.3	23.3	3-Aug-16	0:00	26.1	31.7
21-Jun-16	0:00	25.4	31.4	4-Aug-16	0:00	26.1	28.4
22-Jun-16	0:00	25.2	29	5-Aug-16	0:00	26.3	27
23-Jun-16	0:00	25.2	26	6-Aug-16	0:00	26.1	26.8
24-Jun-16	0:00	25.2	26.8	7-Aug-16	0:00	26.1	26.4
25-Jun-16	0:00	25.2	26.7	8-Aug-16	0:00	26.1	26.7
26-Jun-16	0:00	24.7	25.7	9-Aug-16	0:00	27.2	26.3
27-Jun-16	0:00	28.7	33.8	10-Aug-16	0:00	27.2	26.7
28-Jun-16	0:00	28.7	31.9	11-Aug-16	0:00	27	26.6
29-Jun-16	0:00	28.9	35	12-Aug-16	0:00	27	26.3
30-Jun-16	0:00	122.1	117.8	13-Aug-16	0:00	27.7	26.5
1-Jul-16	0:00	25.8	64.7	14-Aug-16	0:00	27.7	26.2
2-Jul-16	0:00	29.9	46	15-Aug-16	0:00	27.9	26
3-Jul-16	0:00	29.1	36.3	16-Aug-16	0:00	29.1	25.9
4-Jul-16	0:00	28.9	32.5	17-Aug-16	0:00	28.7	25.9
5-Jul-16	0:00	29.1	30.9	18-Aug-16	0:00	28.7	25.9
6-Jul-16	0:00	29.9	30.3	19-Aug-16	0:00	28.9	25.9
7-Jul-16	0:00	30.1	30	20-Aug-16	0:00	28.9	25.9
8-Jul-16	0:00	29.1	30	21-Aug-16	0:00	28.7	25.9
9-Jul-16	0:00	28.2	29.9	22-Aug-16	0:00	26.1	25.9
10-Jul-16	0:00	28.7	30.3	23-Aug-16	0:00	26.1	26.1
11-Jul-16	0:00	30.9	30.3	24-Aug-16	0:00	26.1	26.6
12-Jul-16	0:00	35.2	29.9	25-Aug-16	0:00	26.1	26.2
13-Jul-16	0:00	30.7	30.3	26-Aug-16	0:00	26.1	26
14-Jul-16	0:00	30.4	31.3	27-Aug-16	0:00	26.3	26
15-Jul-16	0:00	29.9	31	28-Aug-16	0:00	26.3	25.9
16-Jul-16	0:00	30.1	30.9	29-Aug-16	0:00	27	27.7
17-Jul-16	0:00	31.4	30.3	30-Aug-16	0:00	27.9	26.8
18-Jul-16	0:00	29.1	29.9	31-Aug-16	0:00	27.9	26.8
19-Jul-16	0:00	28.7	29.7	1-Sep-16	0:00	27.9	26.3
20-Jul-16	0:00	30.9	30.4	2-Sep-16	0:00	28.2	26.1
21-Jul-16	0:00	35.2	30	3-Sep-16	0:00	28.2	26
22-Jul-16	0:00	30.7	29.7	4-Sep-16	0:00	27.9	25.9
23-Jul-16	0:00	30.4	30.2	5-Sep-16	0:00	27.5	26
24-Jul-16	0:00	30.1	29.9	6-Sep-16	0:00	27.5	26.1
25-Jul-16	0:00	29.1	31	7-Sep-16	0:00	27.7	35.4
26-Jul-16	0:00	28.4	30.5	8-Sep-16	0:00	27.9	30.4
27-Jul-16	0:00	27.9	30.1	9-Sep-16	0:00	27.9	27.6
28-Jul-16	0:00	27.7	29.9	10-Sep-16	0:00	27.7	26.6
29-Jul-16	0:00	27.9	29.8	11-Sep-16	0:00	27.7	26.2
30-Jul-16	0:00	27.7	29.8	12-Sep-16	0:00	27.5	26.9
31-Jul-16	0:00	27.7	30.8	13-Sep-16	0:00	27.7	26.4
1-Aug-16	0:00	27.2	30.3	14-Sep-16	0:00	27.9	26.1

Date	Time	Outflow Obs (m ³ /det)	Outflow Model (m ³ /det)	Date	Time	Outflow Obs (m ³ /det)	Outflow Model (m ³ /det)
15-Sep-16	0:00	27.9	26	29-Oct-16	0:00	22.2	32.2
16-Sep-16	0:00	27.9	25.9	30-Oct-16	0:00	22.2	29.2
17-Sep-16	0:00	27.9	26	31-Oct-16	0:00	21.9	27.6
18-Sep-16	0:00	27.9	26.5	1-Nov-16	0:00	21.6	29.7
19-Sep-16	0:00	27.9	26.6	2-Nov-16	0:00	20.8	25.8
20-Sep-16	0:00	28.2	26.2	3-Nov-16	0:00	20.2	25.3
21-Sep-16	0:00	28.2	26	4-Nov-16	0:00	19.4	24.1
22-Sep-16	0:00	28.4	25.9	5-Nov-16	0:00	19.4	23
23-Sep-16	0:00	28.4	25.9	6-Nov-16	0:00	19.2	22.7
24-Sep-16	0:00	29.4	25.9	7-Nov-16	0:00	20.6	22.5
25-Sep-16	0:00	29.4	25.9	8-Nov-16	0:00	22.2	25.1
26-Sep-16	0:00	28.7	28.6	9-Nov-16	0:00	28.2	24.3
27-Sep-16	0:00	28.2	28.6	10-Nov-16	0:00	28.9	23.3
28-Sep-16	0:00	27.9	27.1	11-Nov-16	0:00	27.9	23.3
29-Sep-16	0:00	27.9	26.4	12-Nov-16	0:00	32.5	24.1
30-Sep-16	0:00	28.4	26.2	13-Nov-16	0:00	26.3	24.6
1-Oct-16	0:00	27.2	26.6	14-Nov-16	0:00	25.4	24.8
2-Oct-16	0:00	30.1	26.2	15-Nov-16	0:00	25.2	27.3
3-Oct-16	0:00	32.2	26	16-Nov-16	0:00	24.7	30.3
4-Oct-16	0:00	28.2	26	17-Nov-16	0:00	22.4	27.9
5-Oct-16	0:00	27.7	25.9	18-Nov-16	0:00	21.6	28.1
6-Oct-16	0:00	27.5	26.2	19-Nov-16	0:00	21.1	28.7
7-Oct-16	0:00	27.2	26.3	20-Nov-16	0:00	21.3	27.1
8-Oct-16	0:00	29.6	26.2	21-Nov-16	0:00	15.1	27.8
9-Oct-16	0:00	31.2	26.7	22-Nov-16	0:00	15.4	26.9
10-Oct-16	0:00	31.9	28.7	23-Nov-16	0:00	16	25.6
11-Oct-16	0:00	41.7	36.7	24-Nov-16	0:00	30.9	24.5
12-Oct-16	0:00	37.8	42.4	25-Nov-16	0:00	30.9	29.5
13-Oct-16	0:00	29.9	34.7	26-Nov-16	0:00	30.7	28.3
14-Oct-16	0:00	29.9	29.7	27-Nov-16	0:00	21.9	25.7
15-Oct-16	0:00	29.9	28.9	28-Nov-16	0:00	23.4	30.8
16-Oct-16	0:00	29.9	32	29-Nov-16	0:00	32.5	35.5
17-Oct-16	0:00	28.4	34.2	30-Nov-16	0:00	36.3	38.4
18-Oct-16	0:00	27.9	29.6	1-Dec-16	0:00	39.9	43.1
19-Oct-16	0:00	27.5	29.3	2-Dec-16	0:00	28.7	32.9
20-Oct-16	0:00	27.5	30.8	3-Dec-16	0:00	34.9	31
21-Oct-16	0:00	27.5	33.4	4-Dec-16	0:00	28.9	28.6
22-Oct-16	0:00	27.2	29.8	5-Dec-16	0:00	34.9	25.8
23-Oct-16	0:00	29.1	34.3	6-Dec-16	0:00	31.2	31.6
24-Oct-16	0:00	29.4	34.7	7-Dec-16	0:00	37.5	50
25-Oct-16	0:00	21.6	29.7	8-Dec-16	0:00	53.6	67.9
26-Oct-16	0:00	22.4	27.4	9-Dec-16	0:00	51.1	44.4
27-Oct-16	0:00	26.8	28.8	10-Dec-16	0:00	31.9	33.7
28-Oct-16	0:00	27.9	27.3	11-Dec-16	0:00	31.9	38.5

Date	Time	Outflow Obs (m ³ /det)	Outflow Model (m ³ /det)
12-Dec-16	0:00	33.3	38.4
13-Dec-16	0:00	36.3	37.2
14-Dec-16	0:00	43.3	33
15-Dec-16	0:00	32.7	32.5
16-Dec-16	0:00	35.5	33
17-Dec-16	0:00	40.8	34.3
18-Dec-16	0:00	31.7	29.7
19-Dec-16	0:00	32.7	26.5
20-Dec-16	0:00	32.7	25.5
21-Dec-16	0:00	29.6	22.8
22-Dec-16	0:00	29.6	23.2
23-Dec-16	0:00	27.9	22.2
24-Dec-16	0:00	27.2	24.2
25-Dec-16	0:00	27.5	31
26-Dec-16	0:00	17.6	26.8
27-Dec-16	0:00	28.7	23.4
28-Dec-16	0:00	28.7	35.2
29-Dec-16	0:00	30.9	38.8
30-Dec-16	0:00	32.5	41.5
31-Dec-16	0:00	89.8	89.8

Sumber : Analisa Perhitungan



PETA DAERAH ALIRAN SUNGAI
REJOSO KAB.PASURUAN



Digambar oleh:

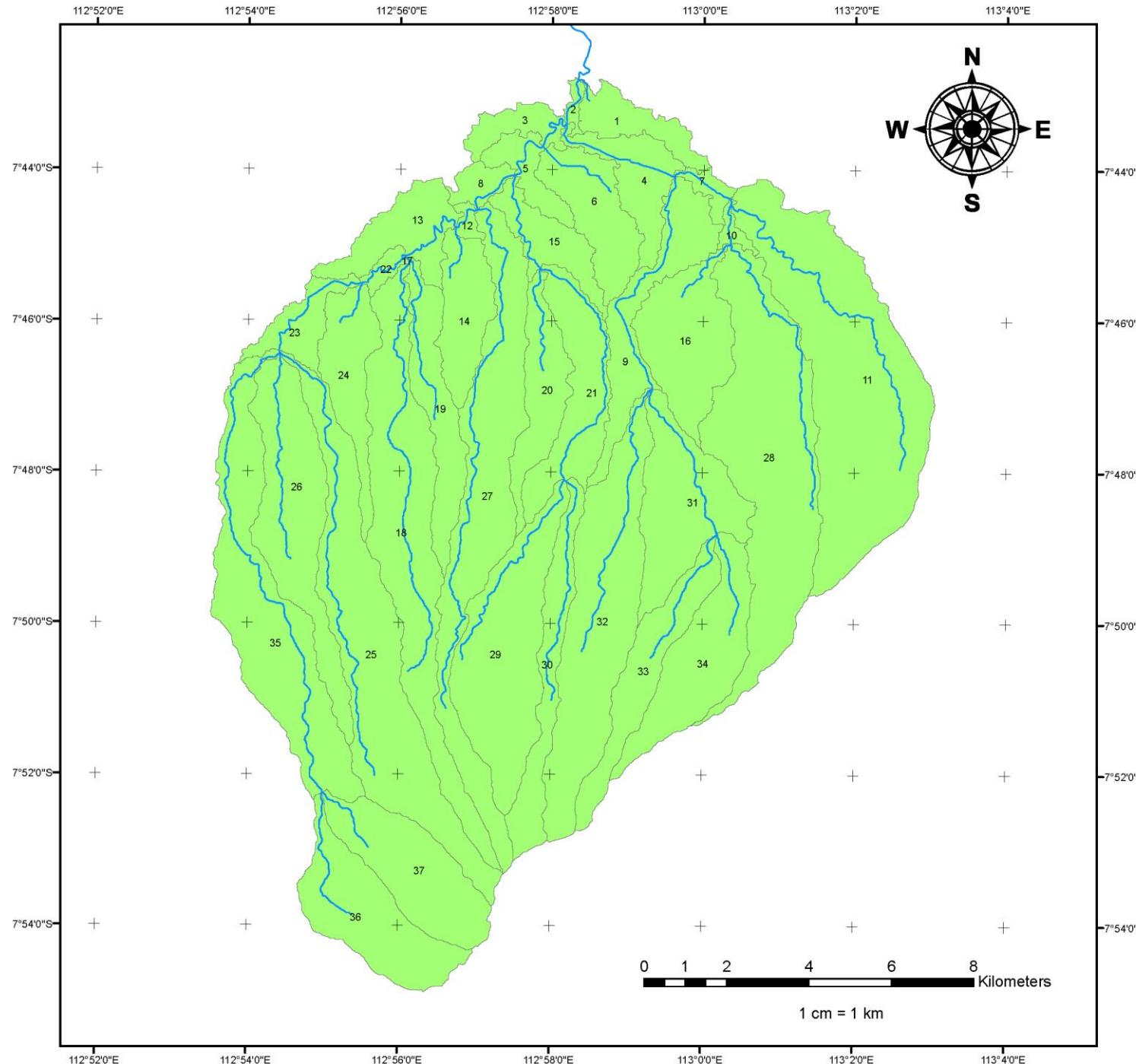
JULIAN KHODIR MUJIBADI
03111850050004

Keterangan:

- RJS-Pos AWLR
- ▲ RJS-Pos Hujan
- RJS-Sungai
- RJS-Daerah Aliran Sungai

PROGRAM PASCASARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

Lampiran B. 1 Peta Daerah Aliran Sungai Rejoso Hulu



PETA SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI REJOSO KAB. PASURUAN



Digambar oleh:

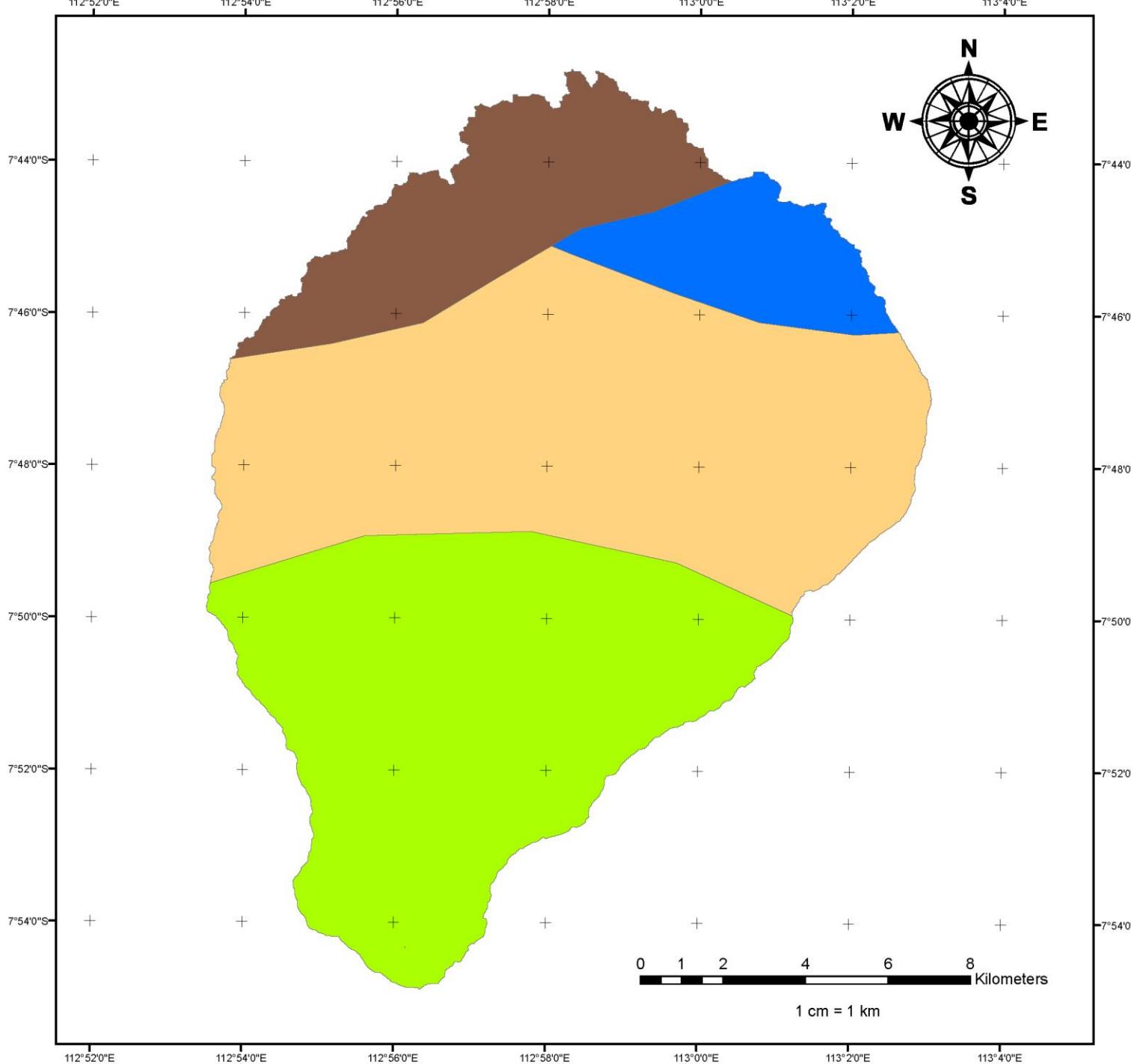
JULIAN KHODIR MUJIBADI
03111850050004

Keterangan:

- RJS-Sungai
- RJS-Sub DAS

PROGRAM PASCASARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

Lampiran B. 2 Peta Sub Daerah Aliran Sungai Rejoso Hulu



PETA JENIS TANAH DAS REJOSO



Digambar oleh:

JULIAN KHODIR MUJIBADI
0311850050004

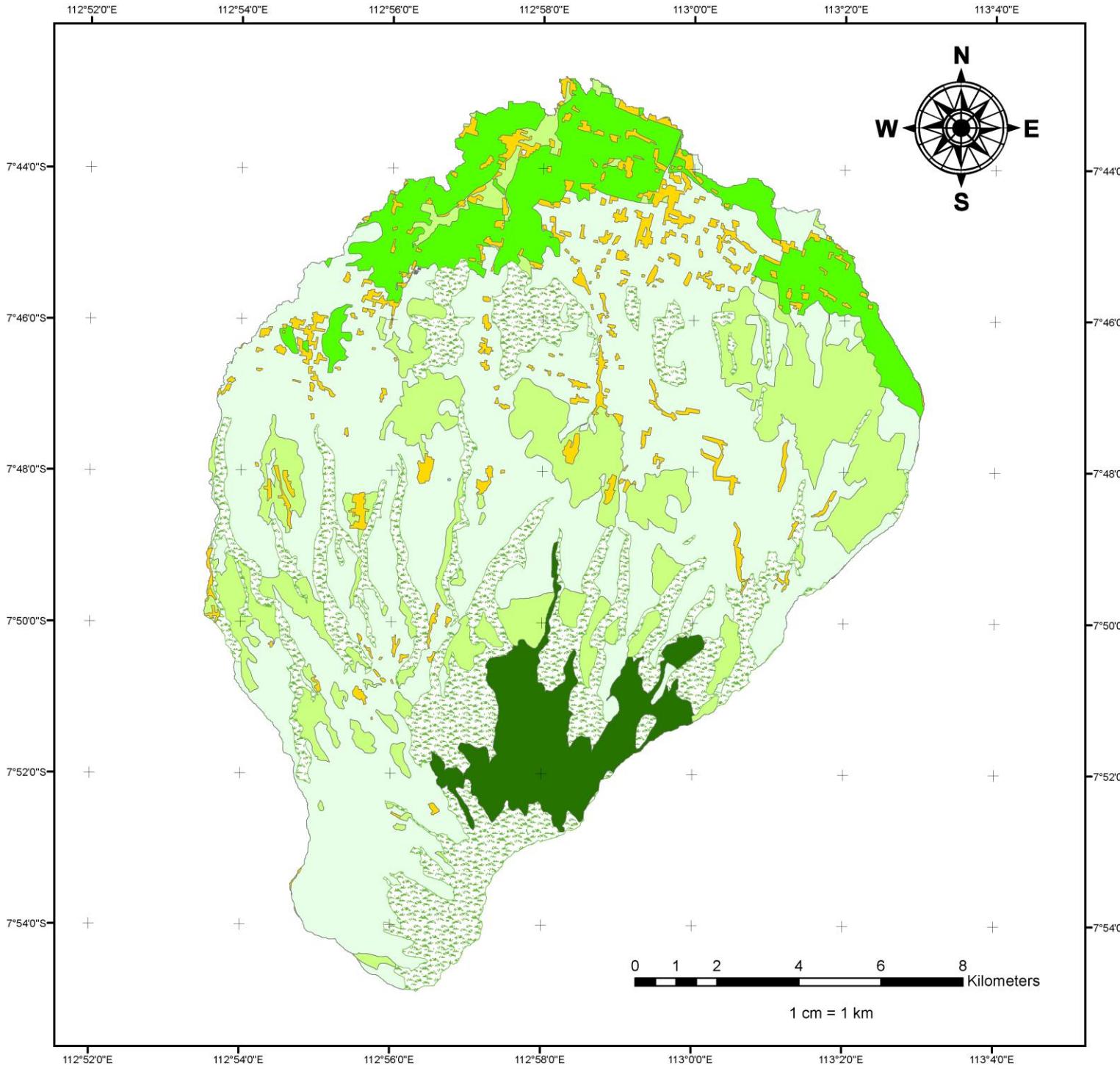
Keterangan:

Jenis Tanah

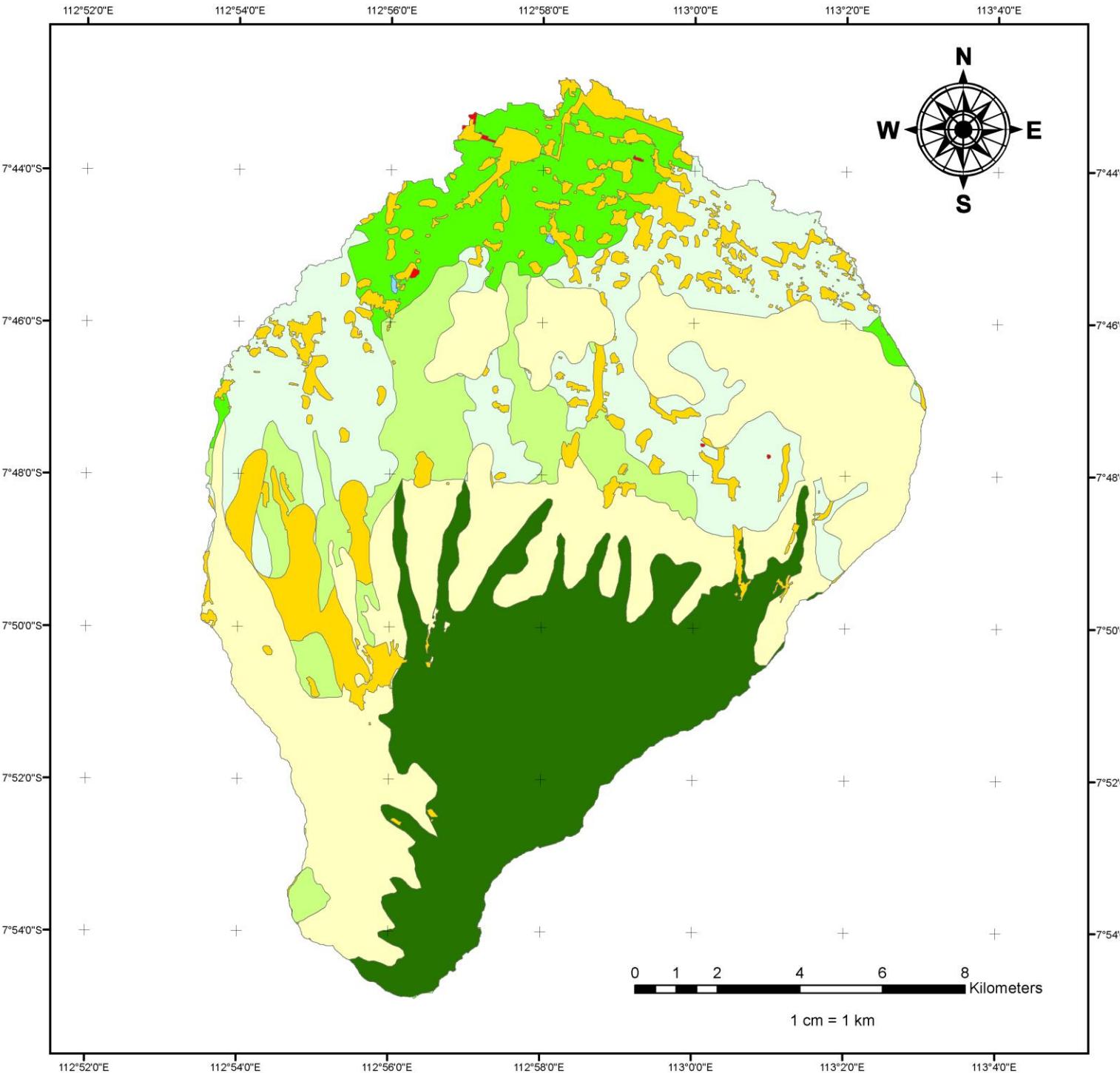
- | | |
|--|-----------|
| | Andosol |
| | Grumosol |
| | Mediteran |
| | Regosol |

PROGRAM PASCASARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

Lampiran B. 3 Peta Jenis TanahDaerah Aliran Sungai Rejoso Hulu



Lampiran B. 4 Peta Tata Guna Lahan Daerah Aliran Sungai Rejoso Hulu Tahun 2016



Lampiran B. 5 Peta Tata Guna Lahan Daerah Aliran Sungai Rejoso Hulu Tahun 2029