

**ANALISIS PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN DAN PENERAPAN
TATA RUANG WILAYAH TERHADAP PERUBAHAN HIDROLOGI
BENTANG LAHAN: APLIKASI MODEL GENRIVER UNTUK
PENDUGAAN NERACA AIR DAS REJOSO, PASURUAN, JAWA TIMUR**

Oleh

ATANASIVS RAGILIA FENDHI DHULKAMAY



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS PERTANIAN

MALANG

2019

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi yang berjudul “ANALISIS PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN DAN PENERAPAN TATA RUANG WILAYAH TERHADAP PERUBAHAN HIDROLOGI BENTANG LAHAN: APLIKASI MODEL GENRIVER UNTUK PENDUGAAN NERACA AIR DAS REJOSO, PASURUAN, JAWA TIMUR” merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan dosen pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang dengan jelas di tunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Agustus 2019

Atanasius Ragilia Fendhi Dhulkamay

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul penelitian : **Analisis Perubahan Penggunaan Lahan dan Penerapan Tata Ruang Wilayah Terhadap Perubahan Hidrologi Bentang Lahan: Aplikasi Model Genriver untuk Pendugaan Neraca Air Das Rejoso, Pasuruan, Jawa Timur**

Nama Mahasiswa : Atanasius Ragilia Fendhi Dhulkamay

NIM : 135040201111331

Jurusan : Tanah

Program Studi : Agroekoteknologi

Laboratorium : Fisika Tanah

Disetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Kedua

Ir. Didik Suprayogo M.Sc., Ph.D.
NIP. 196008251986011002

Danny Dwi Saputra, S.P., M.Si
NIK. 2011068603171001

Diketahui,

Ketua Jurusan

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU
NIP. 19540501 198003 1 006

Tanggal Persetujuan :

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I,

Penguji II,

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU.
NIP. 195405011981031006

Aditya Nugraha Putra, SP., MP.
NIP. 198912272019031009

Penguji III,

Penguji IV,

Ir. Didik Suprayogo, M.Sc., Ph.D.
NIP. 196008251986011002

Danny Dwi Saputra, S.P., M.Si.
NIK. 2011068603171001

Tanggal Lulus :

RINGKASAN

Atanasius Ragilia Fendhi Dhulkamay. 135040201111331. Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Dan Penerapan Tata Ruang Wilayah Terhadap Perubahan Hidrologi Bentang Lahan: Aplikasi Model Genriver Untuk Pendugaan Neraca Air Das Rejoso, Pasuruan, Jawa Timur. Di bawah bimbingan Didik Suprayogo dan Danny Dwi Saputra.

Daerah aliran sungai (DAS) Rejoso yang merupakan bagian dari DAS Welang-Rejoso memiliki fungsi yang strategis sebagai penyedia air bersih bagi beberapa Kabupaten disekitar Pasuruan seperti Kabupaten Sidoarjo dan Kota Surabaya. DAS Rejoso mengalami penurunan fungsi dari tahun ke tahun, tercermin dari intensitas banjir, erosi, dan tanah longsor yang cenderung meningkat pada beberapa tahun terakhir ini. Diperlukan pengelolaan dan manajemen DAS yang tepat agar masalah tersebut dapat diperbaiki. Tujuan penelitian ini adalah, (1) Mengkaji indikator dan kriteria hidrologi DAS Rejoso berdasarkan perubahan penggunaan lahan, (2) Menganalisis kondisi kriteria dan indikator hidrologi DAS Rejoso berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur.

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari 2018 hingga Maret 2018. Lokasi penelitian yaitu DAS Rejoso wilayah timur dari Kabupaten Pasuruan. Penelitian menggunakan model *Generic River Flow (GenRiver)*. *GenRiver* merupakan model sederhana untuk mensimulasikan aliran sungai pada suatu DAS. Evaluasi kondisi DAS dilakukan dengan pengembangan beberapa skenario yaitu perubahan penggunaan lahan pada tahun 2005, 2006, 2008, dan 2009 serta skenario berdasarkan rencana tata ruang wilayah (RTRW) dan Kelas Kemampuan Lahan DAS Rejoso.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa penggunaan lahan dilokasi penelitian merupakan salah satu faktor utama yang berhubungan dengan neraca air dan indikator hidrologi. Terjadi pengingatan debit air sebesar 6 % dalam kurun waktu 3 tahun (2005-2008) dan penurunan evapotranspirasi sebesar 3,6% yang menandakan berkurangnya tutupan lahan. Sementara itu, simulasi neraca air menggunakan skenario RTRW di wilayah DAS Rejoso, justru memperburuk kesehatan DAS. Dimana nilai aliran permukaan DAS Rejoso pada skenario RTRW lebih besar dibanding dengan skenario penggunaan lahan yang lain (2005-2009) yaitu sebesar 47.4%. Akan tetapi nilai aliran permukaan pada kelas kemampuan lahan lebih bagus dibandingkan dengan yang lain yaitu sebesar 25%. Selain dari neraca air, menurunnya kesehatan DAS Rejoso ditandai dengan naiknya nilai transmisi air (TWY) pada tahun ke tahun dan nilai tertinggi pada tahun 2009 sebesar 0,0097. Selain itu nilai BI, BPE, dan RBI mengalami penurunan setiap tahunnya yang diiringi dengan terjadinya perubahan penggunaan lahan.

Kata kunci : *perubahan penggunaan lahan, model GenRiver, indikator hidrologi DAS*

SUMMARY

Atanasius Ragilia Fendhi Dhulkamay. 135040201111331. Analysis Of Land Use Change And Regional Spatial Implementation of Landscape Hydrology Changes: Genriver Model Application For The Estimation Of Water Balance Rejoso Watershed, Pasuruan, East Java: Model Genriver. Supervised by Didik Suprayogo and Danny Dwi Saputra

The Rejoso watershed, which is part of the Welang-Rejoso watershed, has a strategic function as a provider of clean water for various districts including Pasuruan such as Sidoarjo Regency and Surabaya City. The Rejoso watershed is changing from year to year, overcoming the intensity of floods, erosion and landslides that have increased in recent years. Proper management and watershed management is needed so that the problem can be fixed. The objectives of this study are: (1) To examine the hydrological indicators and criteria for Rejoso watershed based on land use changes, (2) Analyze the requirements and criteria for the hydrology criteria for Rejoso Watershed based on the Regional Spatial Plan of Pasuruan Regency, East Java.

This research was conducted in January 2018 until March 2018. The research location was Rejoso watershed east of Pasuruan Regency. The study uses the Generic River Flow (GenRiver) model. GenRiver is a simple model for simulating river flow in a watershed. The evaluation of watershed conditions is carried out by developing several scenarios, namely land use change in 2005, 2006, 2008, and 2009 and scenarios based on the regional spatial plan (RTRW) and Rejoso Watershed Land Capability Class.

The simulation results show that the land use in the research location is one of the main factors related to water balance and hydrological indicators. A reminder of a water discharge of 6% occurred over a period of 3 years (2005-2008) and a decrease in evapotranspiration of 3.6% indicates a decrease in land cover. Meanwhile, the water balance simulation using the RTRW scenario in the Rejoso watershed area, actually worsens the watershed health. Where the surface flow value of the Rejoso watershed in the RTRW scenario is greater than the other land use scenarios (2005-2009) which is equal to 47.4%. However, the surface runoff value in the land capability class is better than the others which is 25%. Aside from the water balance, the health of the Rejoso watershed is marked by an increase in the value of water transmission (TWY) year on year and the highest value in 2009 of 0.0097. In addition, the value of BI, BPE, and RBI has decreased every year accompanied by changes in land use

Keyword : *Land use change, model GenRiver, watershed hidrology indicator.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya limpahkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan karunia serta hidayahnya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Dan Penerapan Tata Ruang Wilayah Terhadap Perubahan Hidrologi Bentang Lahan: Aplikasi Model Genriver Untuk Pendugaan Neraca Air Das Rejoso, Pasuruan, Jawa Timur : Model Genriver”

Terselesainya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu saya menyampaikan terimakasih kepada :

1. Dekan Fakultas Pertanian Dr. Ir. Damanhuri, MS. yang sudah menyediakan fasilitas untuk penelitian ini.
2. Ir. Didik Suprayogo, M. Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing utama dan bapak Danny Dwi Saputra, S.P, M.Si. selaku Dosen Pembimbing kedua yang selalu sabar dan penuh ketekunan membimbing dalam pembuatan skripsi ini.
3. Kedua Orang tua dan Keluarga yang ada dirumah yang selalu memberikan semangat dan do'a sehingga terselesainya skripsi ini.
4. Rekan-rekan mahasiswa Fakultas Pertanian yang selalu memberikan semangatnya sehingga terselesainya skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi teman mahasiswa, pihak-pihak di lokasi penulis melaksanakan penelitian nanti, masyarakat umum, dan berbagai pihak yang lain serta khususnya bagi penulis.

Malang, Agustus 2019

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Karanganyar pada tanggal 02 Mei 1995 dari keluarga Bapak Agustinus Edi Susilo dan Ibu Christina Sri Mulyani, merupakan putra kedua dari tiga bersaudara ananda Aloisius Aditya Havian dan ananda Gregorius Deo Saputra. Hingga sekarang penulis bertempat tinggal di Desa Jatirejo RT/RW:01/01, Jatirejo, Jumapolo, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SD Kanisius Kedawung, pada tahun 2001 sampai tahun 2007. Kemudian melanjutkan ke jenjang sekolah menengah pertama di SMPN 01 Jumapolo hingga tahun 2010. Selanjutnya penulis melanjutkan ke pendidikan sekolah menengah atas pada tahun 2010 hingga 2013 di SMA Negeri Jumapolo. Pada tahun 2013 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata-1 di Universitas Brawijaya melalui Jalur SNMPTN di Fakultas Pertanian, Program Studi Agroekoteknologi. Pada tahun 2016 penulis mengambil minat Manajemen Sumber Daya Lahan dan Laboratorium Fisika Tanah di Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.

Penulis pada tahun 2017 telah melaksanakan magang kerja di Balai Besar Taman Nasional Bromo Tengger Semeru dan ditempatkan di RPH Cuban Trisula, kecamatan Poncokusumo, Malang. Selama menjadi mahasiswa penulis juga aktif dalam organisasi UKM pusat pencak silat Merpati Putih sebagai anggota, dan organisasi Keluarga Mahasiswa Katolik (KMK) Fakultas Pertanian pada periode 2014-2015. Selain itu penulis juga aktif dalam kegiatan himpunan yaitu kepanitiaan Natal fakultas pertanian pada tahun 2014 dalam devisi Perlengkapan. Dan tahun 2016 penulis aktif dalam kegiatan kepanitiaan GATRAKSI (Galang Mitra dan Kenal Profesi) sebagai devisi Publikasi, Dekorasi dan Dokumentasi (PDD). Sekarang telah menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Perubahan Penggunaan Lahan dan Penerapan Tata Ruang Wilayah Terhadap Perubahan Hidrologi Bentang Lahan: Aplikasi Model Genriver untuk Pendugaan Neraca Air Das Rejoso, Pasuruan, Jawa Timur”.

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Hipotesis	3
1.3 Rumusan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Daerah Aliran Sungai	6
2.2 Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Debit.....	7
2.3 Penataan Ruang dan Wilayah	9
2.4 Debit Air	11
2.5 Sistem Informasi Geografis	12
2.6 Indikator dan Kriteria Hidrologi.....	13
2.7 GenRiver.....	14
III METODE PENELITIAN	17
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	17
3.2 Alat dan Bahan	18
3.3 Metode.....	18
3.4 Analisis Data.....	22
IV.HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1 Kondisi Umum DAS Rejoso	24
4.5 Kalibrasi Model GenRiver.....	31

4.6 Hubungan Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Neraca Air dan Indikator Kesehatan DAS Rejoso	33
4.7 Hubungan Pengaturan Tutupan Lahan berdasarkan RTRW dan Kelas Kemampuan Lahan terhadap Indikator dan Kriteria Hidrologi DAS Rejoso	43
V. KESIMPULAN DAN SARAN	45
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN.....	49



DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
	Tabel 1. Peningkatan debit puncak suatu sungai berdasarkan penggunaan lahan. .	9
	Tabel 2. Alat dan bahan penelitian.....	18
	Tabel 3. Tabel perubahan penggunaan lahan.....	27
	Tabel 4. Data rencana tata ruang dan wilayah DAS Rejoso	28
	Tabel 5. Wilayah stasiun curah hujan DAS Rejoso	29



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
Gambar 1.	Alur Pikir Penelitian.....	5
Gambar 2.	Lokasi Daerah Penelitian	17
Gambar 3.	Peta Poligon Thiessen DAS Rejoso	21
Gambar 4.	Peta Perubahan Penggunaan Lahan.....	26
Gambar 5.	Curah hujan bulanan dan nilai dugaan evapotranspirasi potensial di DAS Rejoso dari tahun 2005-2009.....	29
Gambar 6.	Hubungan Pola Curah Hujan dan Debit Sungai DAS Rejoso.....	30
Gambar 7.	Hidrograf kalibrasi debit sungai DAS Rejoso pengukuran aktual dan hasil simulasi GenRiver.....	31
Gambar 8.	Hasil perbandingan debit simulasi dengan debit aktual: (a) 2005, (b) 2006, (c) 2008, dan (d) 2009.	32
Gambar 9.	Neraca air tahunan di DAS Rejoso hasil dari output model GenRiver dalam bentuk presentase.....	33
Gambar 10.	Hubungan Total Debit Per Unit Hujan (TWY) Pada masing-masing penggunaan lahan (a) hutan alami, (b) hutan produksi + AF, (c) tegalan, (d) sawah, (e) pemukiman.	37
Gambar 11.	Hubungan Indikator Penyangga (BI) pada masing-masing penggunaan lahan (a) Hutan Alami, (b) Hutan Produksi + AF , (c) Tegalan, (d) Sawah, (e) Pemukiman.	39
Gambar 12.	Hubungan Indikator Penyangga Relatif (RBI) pada masing-masing penggunaan lahan (a) Hutan Alami, (b) Hutan Produksi + AF, (c) Tegalan, (d) Sawah, (e) Pemukiman	42
Gambar 13.	Hubungan Indikator penyangga puncak kejadian hujan (BPE) dengan penggunaan lahan. (a) Hutan alami, (b) Hutan produksi + AF, (c) Tegalan, (d) Sawah, (e) Pemukiman.	43
Gambar 14.	Neraca air DAS pada beberapa skenario perubahan penggunaan lahan.	43

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
Lampiran 1.	Peta jenis tanah DAS Rejoso	49
Lampiran 2 a.	Peta penggunaan lahan DAS Rejoso tahun 2005.....	50
Lampiran 2 b.	Peta penggunaan lahan DAS Rejoso tahun 2006	51
Lampiran 2 c.	Peta penggunaan lahan DAS Rejoso 2008	52
Lampiran 2.d.	Peta penggunaan lahan DAS Rejoso tahun 2009	53
Lampiran 3.	Peta rencana tata ruang dan wilayah DAS Rejoso tahun 2009-2029.	54
Lampiran 4.	Data luas penggunaan lahan DAS Rejoso.	55
Lampiran 5.	Data luas jenis tanah Kabupaten Pasuruan	56
Lampiran 6.	Data curah hujan bulanan DAS Rejoso (mm)	57
Lampiran 7.	Data total curah hujan DAS Rejoso. (mm).....	57
Lampiran 8.	Data Debit Bulanan DAS Rejoso (m ³ /detik)	58
Lampiran 9.	Data kedalaman tanah berdasarkan jenis tanah.	58
Lampiran 10.	Data tutuoan lahan dan potensial evapotranspirasi harian.....	59
Lampiran 11.	Data suhu Kabupaten Pasuruan	59
Lampiran 12.	Data neraca air DAS rejos hasil model <i>GenRiver</i>	60
Lampiran 13.	Data indikator kesehatan DAS hasil model <i>GenRiver</i>	60

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

DAS Rejoso memiliki fungsi hidrologi strategis bagi kehidupan masyarakat khususnya di Kabupaten Pasuruan dan wilayah sekitarnya. Amaruzaman *et al.* (2017) menyatakan bahwa sumberdaya air di DAS Rejoso disamping dimanfaatkan masyarakat Kabupaten Pasuruan, juga berfungsi sebagai penyedia air bersih bagi beberapa Kabupaten disekitar Pasuruan seperti Kabupaten Sidoarjo dan Kota Surabaya.

DAS Rejoso telah memberikan dukungan bagi kegiatan perekonomian masyarakat Kabupaten Pasuruan, dimana pertanian menjadi sumber pendapatan dominan bagi masyarakat. DAS Rejoso memiliki kemanfaatan yang besar bagi perekonomian masyarakat tersebut, namun fungsi hidrologis DAS Rejoso mengalami penurunan dari tahun ke tahun, tercermin dari meningkatnya intensitas banjir, erosi, dan tanah longsor pada beberapa tahun terakhir ini. Bencana alam yang muncul di DAS Rejoso tersebut merupakan dampak dari rusaknya kondisi biofisik suatu Daerah Aliran Sungai (Mahmud *et al.*, 2009). Aktivitas pertanian masyarakat secara langsung maupun tidak langsung telah mempengaruhi penurunan fungsi DAS.

Konversi hutan alami maupun hutan produksi menjadi lahan pertanian banyak dijumpai di daerah hulu DAS Rejoso. Hutan berhubungan dengan fungsi positif tata air dalam suatu ekosistem DAS dan alih guna lahan berhubungan dengan fungsi negatif terhadap kuantitas dan kualitas air (van Noordwijk *et al.*, 2003). Belum lagi pola pertanian yang tidak ramah lingkungan mengakibatkan menurunnya infiltrasi air dalam tanah, serta meningkatnya limpasan permukaan (*run off*) yang memicu terjadinya longsor, selain itu kejadian tersebut akan menyebabkan kekurangan air pada musim kemarau dan melimpahnya air pada musim penghujan (Astutik *et al.*, 2014). Seperti yang diungkapkan oleh Mahmud *et al.*, (2009) konversi lahan hutan menjadi lahan pertanian yang diikuti dengan buruknya pola tanam pada suatu lahan akan menyebabkan turunnya kualitas resapan air pada suatu lahan. Tidak hanya dikarenakan aktifitas pertanian, aktifitas pertambangan seperti batu juga akan menyebabkan gangguan pada DAS. Pada bagian tengah DAS Rejoso terdapat aktifitas pertambangan banyak ditemui yaitu pertambangan batu (galian C).

Pertambangan batu mengakibatkan terkelupasnya susunan lapisan tanah akibat penambangan dan akan meningkatkan sedimentasi dan pencemaran air. Aktivitas tambang yang tidak diikuti oleh kegiatan rehabilitasi atau revegetasi akan menimbulkan cekungan-cekungan air yang menyerupai danau. Kegiatan ini diketahui dapat menyebabkan hilangnya keanekaragaman hayati, terjadinya degradasi pada daerah aliran sungai, dan perubahan bentuk lahan (Adman, 2012). Berbagai aktivitas di hulu dan tengah DAS berpengaruh pada neraca keseimbangan air DAS Rejoso (Gambar 1). Selain itu penggunaan air di wilayah hilir yang cenderung tidak efisien karena aliran *outflow* dari sumur artesis yang semakin lama jumlahnya semakin meningkat, juga menjadi faktor penyebab terganggunya neraca keseimbangan air.

Berbagai permasalahan di wilayah (hulu, tengah, dan hilir) DAS Rejoso akan berdampak pada penurunan kualitas dan kuantitas air, hingga memicu terjadinya bencana alam yang semakin berkala. Konservasi DAS Rejoso melalui program pengelolaan DAS secara terpadu dalam rangka menjaga kelestarian DAS Rejoso sangat penting dilakukan oleh multi stakeholder terkait. Analisis mengenai karakteristik DAS Rejoso dari sisi kesehatan hidrologi DAS, berperan dalam menyusun rekomendasi yang tepat untuk rencana konservasi dan restorasi DAS Rejoso secara terpadu. Arah dan manajemen penggunaan lahan dalam suatu DAS dan kondisi fisik lingkungan merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi fungsi dari daerah aliran sungai (DAS). Menurut Sinukaban (2000), pemanfaatan sumberdaya alam DAS yang tidak memperhatikan kemampuan dan kelestarian lingkungan, akan mengakibatkan kerusakan ekosistem dan tata guna air. Selain itu, menurut Saridewi *et al.*, (2014) alih fungsi lahan pada daerah aliran sungai, selain menurunkan luas lahan juga menyebabkan gangguan keseimbangan hidrologi DAS yang ditandai dengan perbedaan debit air sungai yang sangat tinggi antara musim penghujan dan musim kemarau (Gambar 1).

Adanya alih fungsi lahan pada area DAS dapat menimbulkan berbagai dampak negatif terhadap kondisi hidrologi pada DAS tersebut, salah satunya adalah pada debit air sungai. Asdak (2002) menyebutkan bahwa terjadinya perubahan penggunaan lahan dan jenis vegetasi yang ada di dalamnya dalam skala besar dan bersifat permanen dapat mempengaruhi besar kecilnya hasil air. Selain itu semakin

kecil tutupan hutan dalam DAS serta semakin beragamnya jenis penggunaan lahan dalam DAS menyebabkan kondisi air sungai yang semakin buruk, terutama akibat adanya aktivitas pertanian dan pemukiman yang akan mempengaruhi debit sungai (Supangat, 2008). Data debit sungai merupakan informasi yang paling penting bagi pengelolaan sumberdaya air. Debit aliran sangat diperlukan untuk mengetahui potensi sumberdaya air dalam DAS. Debit rata-rata tahunan dapat memberikan gambaran potensi sumberdaya air yang dapat dimanfaatkan dari suatu daerah aliran sungai (Asdak, 2002).

Berdasarkan kondisi penggunaan lahan pada DAS Rejoso maka perlu adanya analisis untuk mengetahui kesehatan neraca air dan indikator hidrologi DAS rejoso dengan beberapa scenario penggunaan lahan. Analisis kesehatan neraca air dan indikator DAS ini dapat dilakukan dengan menggunakan model, yaitu dengan model GenRiver dan Sistem Informasi Geografis. Simulasi model GenRiver ini menggunakan perangkat lunak yaitu *Stella* sebagai software yang dihubungkan dengan *Microsoft Excel* sedangkan sistem informasi geografis menggunakan perangkat lunak ArcGis 10.2 untuk mengolah citra satelit. Data utama (skenario) yang diinputkan ke dalam model ini adalah data Rencana Tata Ruang Wilayah, tutupan lahan aktual, kondisi kemampuan lahan aktual. Kemudian dari beberapa skenario tersebut akan diketahui kondisi kesehatan neraca air di DAS Rejoso.

1.2 Hipotesis

1. Adanya perubahan penggunaan lahan pada DAS Rejoso akan menyebabkan gangguan terhadap kondisi neraca air yang tercermin dengan memburuknya kriteria dan indikator hidrologi.
2. Rencana Penataan Ruang wilayah dan kelas kemampuan lahan akan membantu dalam perbaikan kesehatan hidrologi DAS Rejoso.

1.3 Rumusan Masalah

Rumusan dari penelitian ini adalah :

1. Apakah perubahan penggunaan lahan berpengaruh terhadap neraca air dan indikator hidrologi DAS Rejoso?
2. Apakah pengaturan penggunaan lahan berdasarkan rencana tata ruang wilayah dan kemampuan lahan dapat memperbaiki kondisi neraca air dan indikator hidrologi DAS Rejoso?

1.4 Tujuan Penelitian

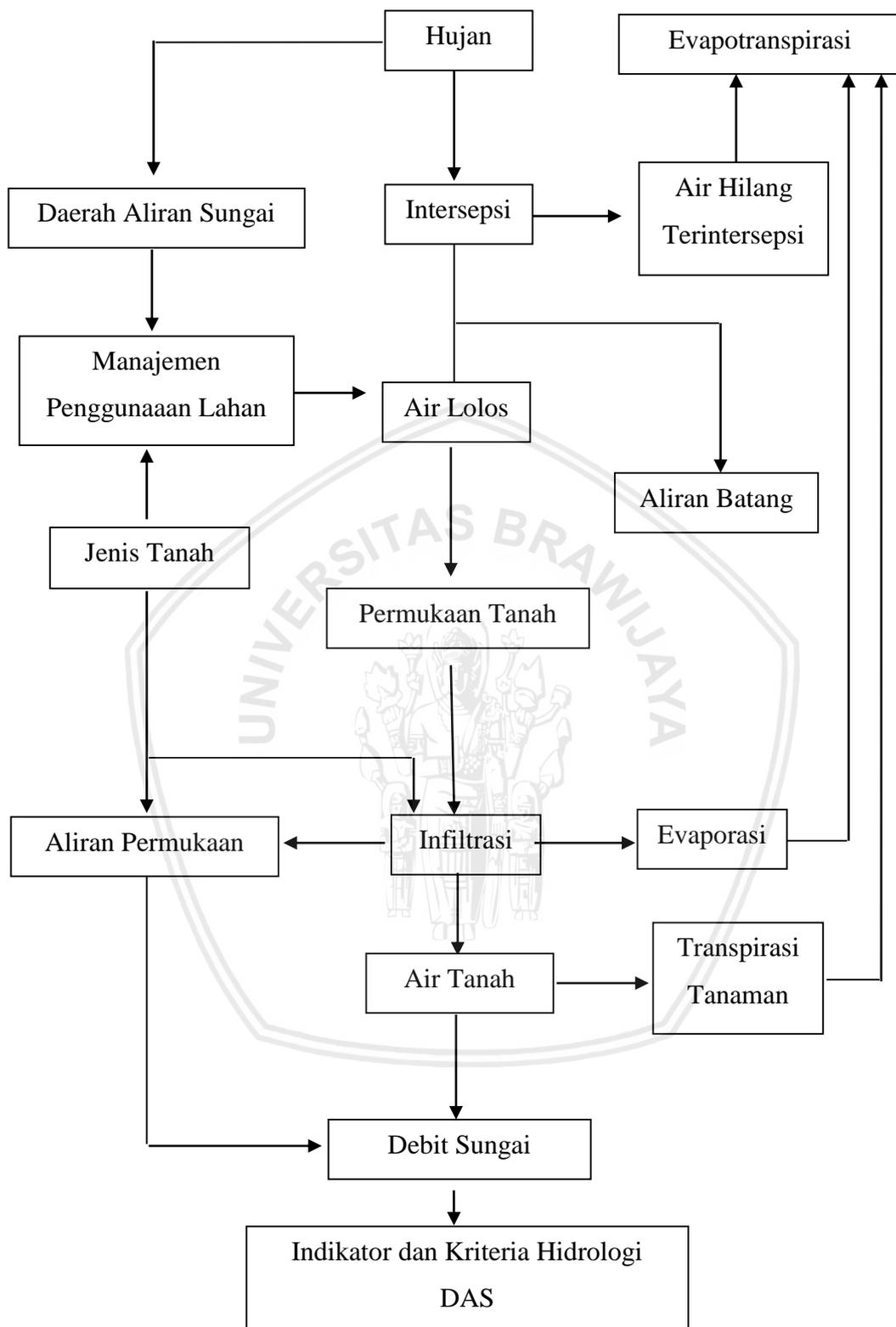
Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk:

1. Menganalisis neraca air DAS dan indikator hidrologi DAS Rejoso sebagai akibat alih fungsi lahan.
2. Mengevaluasi kondisi aktual neraca air dan indikator hidrologi DAS Rejoso dibandingkan dengan Rencana Tata Ruang Wilayah dan Kelas Kemampuan Lahan.

1.5 Manfaat

Berdasarkan dari uraian di atas, penelitian ini nantinya dapat memiliki manfaat antaralain :

1. Memberikan informasi terkait kondisi kriteria dan indikator hidrologi Daerah Aliran Sungai Rejoso berdasarkan perubahan penggunaan lahan.
2. Memberikan analisis terkait kondisi kriteria dan indikator DAS Rejoso berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah dan Kelas Kemampuan Lahan sehingga dapat digunakan sebagai bahan dalam merumuskan rekomendasi penggunaan lahan.



Gambar 1. Alur Pikir Penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daerah Aliran Sungai

Daerah aliran sungai merupakan sebuah tatanan atau perencanaan bagi konsep hidrologi dan dapat dijadikan sebagai tongkat ukur dalam pembangunan daerah. DAS begitu penting bagi siklus hidrologi dalam suatu wilayah. DAS merupakan sebuah daerah yang terbatas oleh punggung-punggung bukit yang berfungsi untuk menanggak, menyimpan, dan mengalirkan air ke dalam sungai. Menurut Suripin (2002) DAS adalah suatu daerah yang dibatasi oleh pemisah atau pembatas topografi yaitu punggung-punggung bukit yang membentang dan menerima hujan, menampung, menyimpan, dan mengalirkan air ke sungai dan seterusnya ke danau ataupun ke laut. Penampang DAS dibagi menjadi beberapa bagian yaitu bagian Hulu, Tengah, dan Hilir, yang mana DAS tersebut akan terbagi lagi menjadi bagian-bagian kecil seperti Sub DAS, Sub-Sub DAS, dan DAS mikro. Menurut Peraturan Menteri Kehutanan Nomor: P.39/Menhut-II/2009, DAS adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya yang berfungsi menampung air yang berasal dari curah hujan dan sumber air lainnya dan kemudian secara alami mengalirkannya melalui sungai utama yang selanjutnya bermuara ke danau atau ke laut, yang batas di darat berupa pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

Pentingnya sebuah pengelolaan DAS ini akan sangat berpengaruh dan berdampak positif jika pengelolaan ini berhasil dilakukan, dan apabila Pengelolaan DAS dengan strategi yang baik akan memperoleh sumberdaya air yang baik (Hutabarat dalam Suparmoko, Khan, Waluyo, 2000). DAS mempunyai karakter yang khusus serta berkaitan erat dengan adanya unsur-unsur utama seperti jenis tanah, topografi, geologi, geomorfologi, vegetasi dan tata guna lahan. Karakteristik DAS dalam merespon curah hujan yang jatuh dapat memberi pengaruh terhadap besar kecilnya evapotranspirasi, infiltrasi, perkolasi, aliran permukaan, kandungan air tanah, dan debit aliran sungai (Seyhan,1990). Aliran sungai sangat dipengaruhi oleh karakteristik curah hujan dan kondisi biofisik pada DAS. Karakteristik biofisik mencakup geometri ukuran, bentuk, kemiringan DAS) morfometri (ordo sungai,

kerapatan jaringan sungai, rasio percabangan, rasio panjang), geologi, serta penutupan lahan (Kartiwa et al., 2005). Diantara keempat penciri kondisi biofisik, tipe penutupan lahan merupakan satu-satunya parameter yang dapat mengalami perubahan secara cepat dan memberikan pengaruhnya secara signifikan terhadap karakteristik debit (Kartiwa et al., 2005).

Manusia merupakan bagian dan komponen yang paling penting dalam kelangsungan pengelolaan suatu DAS tersebut. Sehingga sebagai komponen yang dinamis dalam beraktifitas seringkali manusia menghiraukan dan tidak bertanggung jawab atas dampak dari aktifitas tersebut. Sehingga banyak menimbulkan dampak dari salah satu komponennya sehingga kelangsungan kesehatan DAS tersebut dapat terganggu.

Pengelolaan DAS merupakan sebuah bentuk pengembangan wilayah yang menempatkan daerah aliran sungai sebagai suatu unit pengelolaan yang pada dasarnya merupakan usaha-usaha penggunaan sumberdaya alam dalam suatu DAS secara rasional untuk mencapai tujuan produksi yang optimum dalam waktu yang tidak terbatas sehingga distribusi aliran merata sepanjang tahun (Suripin, 2002). Pemanfaatan dari DAS ini salah satunya adalah ketersediaan air bersih dan air yang berkualitas bagi kehidupan masyarakat di daerah hilir.

2.2 Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Debit

Lahan merupakan permukaan bumi yang terdiri dari berbagai komponen seperti, makhluk hidup, biotik, abiotik, dan komponen-komponen lain yang dapat menyusun suatu lahan. Dan sering kali lahan tersebut dimanfaatkan oleh manusia dalam memenuhi kebutuhannya. Lahan merupakan suatu daerah yang berada di permukaan bumi dengan sifat-sifat tertentu seperti iklim struktur batuan, bentuk, proses pembentukannya, tanah, air, dan vegetasi (Mangunsukarjo dalam Purnomo, 2000 dalam Wijaya, 2011).

Menurut Purwadhi (2008) penggunaan lahan berkaitan dengan kegiatan manusia pada bidang lahan tertentu, penggunaan lahan biasanya digunakan untuk mengacu pemanfaatan masa kini. Dengan demikian penggunaan tanah dapat dikatakan sebagai bentuk aktifitas manusia di permukaan bumi sebagai suatu ruang untuk memenuhi kebutuhan hidupnya.

Perubahan penggunaan lahan merupakan bertambahnya suatu penggunaan lahan dari satu sisi penggunaan ke penggunaan yang lainnya diikuti dengan berkurangnya tipe penggunaan lahan yang lain dari suatu waktu ke waktu berikutnya, atau berubahnya fungsi suatu lahan pada kurun waktu yang berbeda (Wahyunto et al., 2001 dalam Ismail, 2009). Faktor-faktor yang mempengaruhi penggunaan lahan antara lain faktor biofisik yang mencakup faktor biofisik mencakup kondisi geologi, tanah, air, iklim, tumbuh-tumbuhan, hewan dan kependudukan Pada DAS Rejoso terdapat berbagai jenis penggunaan lahan yang berupa 43,7% ladang; 17,7% kebun; 17,6% semak belukar; 8,7% hutan; 7,8% sawah irigasi; dan 4,3% pemukiman (Zahroni *et al.*, 2014).

Pengertian tentang penggunaan lahan dan penutupan lahan penting untuk berbagai kegiatan perencanaan dan pengelolaan yang berhubungan dengan permukaan bumi. Perubahan penggunaan lahan secara langsung menyebabkan terjadinya perubahan tutupan lahan. Penutupan lahan berkaitan dengan jenis kenampakan yang ada dipermukaan bumi, sedangkan penggunaan lahan berkaitan dengan kegiatan manusia pada bidang lahan tertentu (Lillesand dan Kiefer, 1993).

Penggunaan lahan (*land use*) dapat juga diartikan sebagai setiap bentuk intervensi (campur tangan) manusia terhadap lahan dalam rangka memenuhi kebutuhan hidupnya baik materil maupun spiritual, sedangkan perubahan tutupan lahan lebih kepada adanya perubahan vegetasi (Arsyad, 2000). Suatu perubahan penggunaan lahan akan dapat menyebabkan terjadinya fluktuasi debit sungai. Menurut Kodoatie dan Sjarief (2010) apabila suatu hutan yang berada dalam suatu daerah aliran sungai, maka debit akan meningkat antara 6 sampai dengan 20 kali. Angka tersebut tergantung pada jenis penggunaan lahan. Secara kuantitatif perubahan debit berdasarkan adanya perubahan penggunaan lahan (Tabel 1.).

Tabel 1. Peningkatan debit puncak suatu sungai berdasarkan penggunaan lahan.

Sistem Penggunaan Lahan	Debit (Q) Puncak ($\text{m}^3 \text{ detik}^{-1}$)		Kenaikan
	Minimum	Maksimum	
Hutan	10	10	
Rerumputan	23	25	2-2,5 kali
Taman	17	50	2-5 kali
Sawah	35	90	2,5-9 kali
Pemukiman	50	200	5-20 kali
Industri/Niaga	60	250	6-25 kali
Beton/Aspal	63	350	6,3-35 kali

Sumber: Kodoatie dan Sjarief (2010)

2.3 Penataan Ruang dan Wilayah

Perencanaan tata ruang dan wilayah dalam suatu kota maupun Kabupaten sudah diatur dalam perundang-undangan negara Republik Indonesia yang kemudian di atur kembali sesuai dengan potensi dan pembangunan daerah masing-masing.

Menurut Undang-Undang No 26 Tahun 2007 Tentang Penatan Ruang, yang dimaksud dengan ruang adalah wadah yang meliputi ruang daratan, ruang lautan, ruang udara, termasuk ruang di dalam bumi yang merupakan suatu kesatuan wilayah tempat dimana manusia dan makhluk hidup melakukan kegiatan dan melangsungkan hidupnya. Tata ruang merupakan wujud dari struktur ruang dan pola ruang, sedangkan penataan ruang adalah sebuah sistem proses perencanaan tata ruang, pemanfaatan ruang, dan pengendalian pemanfaatan ruang. Perencanaan tata ruang tersebut ditujukan untuk pembangunan suatu wilayah.

Wilayah merupakan ruang yang merupakan sebuah kesatuan geografis beserta unsur yang terikat bersamanya yang batas dan sistemnya ditentukan berdasarkan aspek administratif dan atau aspek fungsional suatu wilayah. Perencanaan tata ruang wilayah di Kabupaten pasuruan sendiri diatur dalam Peraturan Daerah Kabupaten Pasuruan No. 12 Tahun 2010. Perencanaan suatu wilayah bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan sosial, ekonomi, pemanfaatan sumberdaya alam dan melakukan perlindungan terhadap kawasan yang dilindungi seperti taman nasional dan cagar alam dan menciptakan kepastian hukum suatu wilayah

Menurut PERDA Kabupaten Pasuruan No.12 Tahun 2010 pasal 9 dan pasal 10 menyatakan bahwa terdapat 4 kebijakan dan strategi dalam pengembangan pola ruang wilayah Kabupaten Pasuruan, kebijakan tersebut antara lain.

a. Kebijakan pengembangan pola ruang dan wilayah

Kebijakan pengembangan pola ruang dan wilayah Kabupaten pasuruan yang dimaksud terdiri atas penetapan dan pemanfaatan kawasan lindung dan pengembangan kawasan budidaya.

b. Strategi pengembangan kawasan lindung

Strategi tersebut berkaitan dengan pemantapan kawasan lindung yang mencakup kawasan hutan lindung dan resapan air yang memberikan perlindungan pada kawasan bawahannya yang tidak diperbolehkan terjadi alih guna lahan dan diperuntukan sebagai kawasan budidaya, sedangkan apabila sudah dilakukan pembukaan untuk budidaya maka akan dilakukan pengembalian (restorasi) sebagaimana mestinya untuk kawasan lindung.

Kawasan cagar alam dan pelestarian alam, pengelolaan kawasan cagar alam ini hanya diperuntukkan untuk pelestarian kawasan diantaranya memelihara habitat alami dan ekosistem khusus yang ada dan sifatnya setempat yang nantinya dapat meningkatkan fungsi dan nilai kawasan tersebut sebagai kawasan wisata, penelitian, pendidikan, dan kegiatan pecinta alam dimana pengelolaanya dilakukan bersama.

Kawasan Taman Hutan Raya dimana pengelolaan pada kawasan ini dilakukan dengan memanfaatkan kawasan taman hutan dan wisata alam sebagai kegiatan pariwisata, ilmu pengetahuan dan pendidikan.

Kawasan rawan bencana alam yaitu mengembangkan kawasan rawan bencana alam dengan menghindari kawasan yang rawan terhadap bencana alam seperti gunung api, gempa bumi, bencana geologi, tsunami, banjir, longsor, dan bencana alam lainnya sebagai kawasan terbangun sehingga pada kawasan tersebut dilakukan antisipasi seperti pembangunan bangunan tahan gempa dan pemberian alat peringatan dini akan terjadinya gempa.

c. Strategi pembangunan kawasan budidaya

Pembangunan kawasan budidaya ini dilakukan melalui optimalisasi fungsi kawasan pada kawasan hutan produksi, kawasan pertanian, kawasan perkebunan, kawasan perikanan, kawasan peternakan, kawasan pertambangan, kawasan peruntukan industri, kawasan tujuan wisata dan daya tarik pariwisata, kawasan permukiman, serta kawasan perdagangan, dalam mendo-

rong ekonomi dan kesejahteraan masyarakat. Pengembangan kawasan budidaya ini tidak diperbolehkan mengganggu kawasan lindung.

d. Kebijakan dan strategi pengembangan wilayah lainnya.

Kebijakan dan strategi pengembangan wilayah lainnya ini meliputi pengembangan kawasan pesisir dan ruang terbuka hijau. Pengembangan kawasan pesisir tersebut bertujuan untuk menopang kelestarian lingkungan hidup dan mendorong pertumbuhan sumberdaya pesisir dan mendorong fungsi budidaya pesisir untuk perikanan, pariwisata, permukiman, dan prasarana perhubungan.

2.4 Debit Air

Debit aliran merupakan laju aliran air (berbentuk volume) yang melintasi suatu penampang (sungai) dalam satuan waktu. Dalam satuan internasional debit memiliki satuan meter kubik per detik ($m^3 dt^{-1}$). Menurut Wijaya (2011) dalam laporan-laporan teknis debit biasanya ditunjukkan dalam bentuk hidrograf aliran. Hidrograf aliran merupakan sebuah perilaku dari debit sebagai respon bahwa adanya perubahan karakteristik perubahan biogeofisik yang berlangsung pada suatu DAS (kegiatan pengelolaan Daerah Aliran Sungai) dan/atau adanya perubahan dari iklim lokal (fluktuasi musiman atau tahunan) (Asdak, 2002).

Selama hujan berlangsung, debit air sungai akan meningkat seiring dengan meningkatnya volume air hujan yang masuk ke dalam sungai. Gordon *et al.*, (1992) dalam Wijaya (2011) menyatakan bahwa pengukuran debit air di lapangan dapat dilakukan melalui empat kategori, antara lain.

- a. Pengukuran volume air sungai
- b. Pengukuran debit menggunakan cara mengukur kecepatan aliran air sungai dan menampang luasan penampang sungainya.
- c. Pengukuran debit dengan menggunakan pewarna (bahan kimia) yang dialirkan pada aliran sungai.
- d. Pengukuran debit dengan menggunakan bangunan buatan pengukur debit seperti *weir* (aliran air lambat) atau *flume* (aliran air cepat).

Dalam pengukuran debit ini cara atau metode yang sering digunakan ada-lah menggunakan metode yang kedua dengan menggunakan alat yaitu *current meter*. Debit adalah jumlah atau volume air yang mengalir pada suatu titik atau melalui suatu saluran per satuan waktu yang diformulasikan sebagai berikut:

$$Q = A \times V$$

dimana:

Q = debit air ($m^3 \text{detik}^{-1}$)

A = luas penampang aliran (m^2)

V = kecepatan aliran ($m \text{detik}^{-1}$)

Wijaya (2011) mengemukakan bahwa hal yang harus diperhatikan dalam pengukuran debit adalah menentukan kecepatan aliran air rata-rata. Lebar sungai, kedalaman, kemiringan dan geseran tepi dan dasar sungai merupakan faktor-faktor yang sangat perlu untuk dipertimbangkan. Asdak (2002) dalam Wijaya (2011) menyatakan bahwa geseran tepi dan dasar sungai akan menurunkan kecepatan aliran sungai terbesar pada bagian tengah dan terkecil pada bagian dasar sungai. Berdasarkan data debit pada DAS Rejoso mengalami fluktuatif dan peningkatan dalam kurun waktu 5 tahun yaitu tahun 2005 hingga tahun 2010. Debit pada DAS Rejoso ini tertinggi pada tahun 2010 yaitu debit rata-rata tahunan sebesar $11,88 m^3 \text{detik}^{-1}$ dan terkecil pada tahun 2005 sebesar $8,757 m^3 \text{detik}^{-1}$ (Balai Hidrologi, 2010).

2.5 Sistem Informasi Geografis

Sistem informasi geografis merupakan sebuah sistem yang berbasis perangkat lunak dalam komputer yang berfungsi untuk mengolah, menyimpan, mengumpulkan sebuah informasi yang berhubungan dengan kondisi geografi pada suatu wilayah dalam bentuk digital (Demers dalam Prahasta, 2009). Puntodewo *et al.*, (2003) menambahkan bahwa, Sistem Informasi Geografis merupakan sebuah komponen yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data geografis, dan manusia yang bekerja secara efektif untuk mengolah, memanipulasi, menganalisis, menyimpan, dan menampilkan sebuah data dalam bentuk informasi yang berbasis geografis.

Penggunaan SIG dalam bidang ilmu pengetahuan, data spasial dapat dipresentasikan kedalam dua format yaitu vektor dan raster. Menurut Arifin (2008), dalam data vektor, bumi dipresentasikan kedalam sebuah bentuk mosaik dari garis, polygon (daerah yang dibatasi dari titik awal hingga berakhir di titik yang sama), titik (*point*), dan nodes (titik perpotongan antara 2 garis yang sama). Sedangkan pada data raster, sebuah objek geografis dipresentasikan kedalam sebuah sistem sel

grid yang disebut pixel. Kelemahan dari data raster ini resolusi dari sebuah data yang disajikan akan tergantung dari ukuran pixelnya (Arifin, 2008).

Sistem Informasi geografis ini memiliki berbagai kelebihan terutama berkaitan dengan kemampuannya dalam menggabungkan berbagai data yang berbeda struktur, format dan tingkat ketepatan. Sehingga memungkinkan integrasi berbagai disiplin keilmuan yang sangat diperlukan dalam pemahaman fenomena bahaya longsor, dapat dilakukan lebih cepat (Barus, 1999). Pemanfaatan sistem informasi geografis dalam bidang ilmu pengetahuan salah satunya dapat digunakan untuk menganalisis perubahan penggunaan lahan. Menurut Wijaya (2015), penginderaan jauh dan sistem informasi geografis dapat dilakukan untuk menganalisis perubahan penggunaan lahan maupun tutupan lahan. Berdasarkan fungsi dari sistem informasi geografis yang memiliki kemampuan analisis untuk memantau tingkat perubahan penggunaan lahan ataupun tutupan lahan menjadi suatu yang penting dalam perencanaan penyusunan kebijakan.

2.6 Indikator dan Kriteria Hidrologi

Indikator dan kriteria hidrologi suatu DAS merupakan salah satu faktor dalam mengetahui kondisi suatu DAS. Indikator dan kriteria hidrologi ini diperlukan untuk mempelajari dan mengetahui suatu fungsi hidrologi daerah aliran sungai. Indikator dan kriteria hidrologi yang ditetapkan berdasarkan pemahaman kuantitatif hujan yang dibagi menjadi evapotranspirasi, aliran sungai dan perubahan penggunaan dan tutupan lahan sesuai dengan karakteristik lokal. Debit sungai dan curah hujan merupakan parameter utama dalam menilai indikator penyangga (*buffering indicator*) akibat perubahan penggunaan lahan.

Van Noordwijk dan Farida (2004) mengungkapkan bahwa total debit sungai cenderung berkorelasi negatif dengan indikator penyangga (*buffering indicator*) sehingga peningkatan debit sungai menyebabkan menurunnya indikator penyangga pada sungai. Indikator penyangga menunjukkan tingkat penurunan yang relatif rendah pada kondisi puncak kejadian hujan (*buffering peak event*). Peningkatan total debit tidak selalu diikuti dengan peningkatan terendah (bulanan) akibat adanya variabilitas hujan antar tahun (Purnoto, 2007).

2.7 GenRiver

Model Aliran Sungai Generik (GenRiver) merupakan sebuah pemodelan yang dikembangkan berdasarkan proses hidrologi (*process based model*). Menurut van Noordwijk (2004) GenRiver merupakan sebuah pemodelan dalam skala DAS yang merupakan model sederhana yang dikembangkan berdasarkan proses hidrologi dan neraca air pada tingkat daerah aliran sungai. Simulasi model GenRiver ini adalah model yang menggunakan perangkat lunak *Stella* yang kemudian dihubungkan menggunakan file yang berasal dari *microsoft excel*. Data yang diinputkan kedalam pemodelan GenRiver ini adalah data curah hujan aktual, tingkat penutupan lahan, dan sifat fisik tanah seperti jenis tanah dengan *output* atau keluaran utamanya adalah aliran sungai (debit) dan neraca air dalam skala DAS (Purnoto, 2007).

Bagian utaman dalam GenRiver ini adalah neraca air dalam skala plot (*patch level water balance*) yang didasarkan pada data curah hujan dan modifikasi sifat tanah dan penutupan lahan. Menurut van Noordwijk (2004) model ini berupa plot-plot yang memiliki kontribusi terhadap aliran sungai melalui aliran permukaan pada saat terjadinya hujan (*surface quick flow*), aliran air dalam tanah yang terjadi setelah hujan (*soil quick flow*), dan aliran dasar (*base flow*) yang berasal dari pelepasan air tanah secara bertahap menuju ke sungai (*gradual release of groundwater*).

GenRiver memiliki komponen-komponen dan proses-proses dalam melakukan pemodelan mengenai debit dan neraca air. Menurut van Noordwijk (2004), komponen dan proses-proses tersebut antara lain.

a. Curah hujan harian

Curah hujan harian dalam skala DAS maupun Sub DAS dapat diambil dari data empiris (sekunder) atau menggunakan data bangkitan dari pembangkit data acak (*random generator*) yang mempertimbangkan pola sementara / temporal (seperti model rantai markov) atau model yang mempertimbangkan korelasi ruang (*spatial corelation*) dari hujan pada waktu tertentu.

b. Intensitas Hujan dan Waktu Korelasi

Intensitas hujan dihitung menggunakan hasil rata-rata data empiris intensitas hujan (mm jam^{-1}) dengan mempertimbangkan koefisien variasi

dari kumpulan data tersebut. Lamanya hujan akan mempengaruhi waktu yang tersedia untuk terjadinya infiltrasi. Akan tetapi parameter tersebut dapat dimodifikasi dengan mempertimbangkan intersepsi oleh kanopi dan lamanya penetasan air dari kanopi (*dripping phase*) dengan waktu penetapan selama 30 menit.

c. Intersepsi

Kapasitas penyimpanan air yang terintersepsi merupakan fungsi linier dari luas area daun dan ranting tanaman (tajuk) dari berbagai tipe penutupan lahan. Kemudian dapat juga terjadi evaporasi dari air yang terintersepsi (*interception evaporation*) yang mempunyai prioritas sesuai dengan kebutuh transpirasi dari tanaman.

d. Infiltrasi dan Aliran Permukaan

Proses infiltrasi ini dihitung berdasarkan beberapa nilai minimumnya. Proses tersebut meliputi, kapasitas infiltrasi harian dan waktu yang tersedia untuk terjadinya infiltrasi (ditentukan berdasarkan intensitas curah hujan dan kapasitas penyimpanan lapisan permukaan tanah (*top soil*), yang kedua adalah kemampuan tanah dalam menyimpan air meski dalam kondisi jenuh dan jumlah air yang dapat masuk kedalam zona air tanah pada rentang waktu satu hari. Apabila kondisi yang pertama terjadi maka model dalam GenRiver ini akan menghasilkan laju limpasan permukaan (*runoff*) yang dibatasi oleh infiltrasi (*infiltration limited runoff*), sedangkan apabila terjadi pada kondisi yang kedua maka aliran permukaan yang terjadi merupakan aliran jenuh permukaan (*saturation overland flow*).

e. Evapotranspirasi

Total dari evapotranspirasi yang digunakan dalam pemodelan ini mengikuti evapotranspirasi potensial Panman-Monteith yang dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain, yang pertama adalah air yang terintersepsi oleh kanopi tanaman, kedua kondisi penutupan lahan yang terkait dengan sensitivitas setiap jenis tutupan lahan terhadap kekeringan, ketiga adalah faktor pembobot pada evapotranspirasi potensial harian yang mengikuti fenologi dan pola tanam, dan yang terakhir adalah relatif potensial evapotranspirasi (bulanan) untuk setiap tipe penutupan lahan.

f. Redistribusi air tanah

Selama terjadinya hujan pada suatu kawasan tanah dapat mencapai kedalaman kondisi yang jenuh air, akan tetapi setelah hujan kondisi tanah akan kembali kedalam kapasitas lapang (kondisi air tanah selama 24 jam dari kejadian hujan lebat). Perbedaan antara kondisi jenuh dan kapasitas lapang ini dipengaruhi oleh beberapa hal seperti, transpirasi, adanya aliran air ke zona bawah (infiltrasi) dan adanya aliran air ke sungai sebagai aliran cepat air tanah (*soil quick flow*) apabila air yang ada melebihi kapasitas lapang.

g. Pelepasan air tanah menuju sungai (melalui aliran dasar)

h. Jarak (*routing distance*)

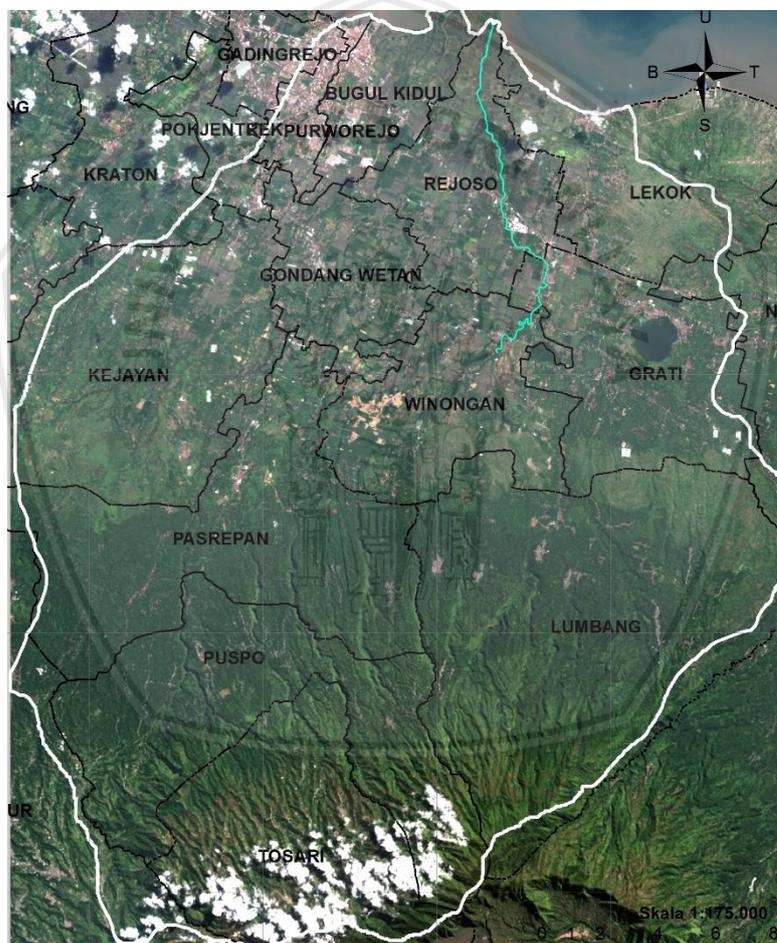
Jarak titik pengamatan atau *outlet* daerah aliran sungai ditentukan berdasarkan titik pusat masing-masing DAS atau Sub DAS. Waktu tempuh dari masing-masing DAS atau Sub DAS ini dapat diturunkan dari data jarak dan asumsi rata-rata kecepatan aliran air.

Keluaran dari moduling GenRiver ini adalah berupa data debit harian dan kumulatif neraca air tahunan. Pengolahan data debit lebih lanjut dari output GenRiver ini dapat digunakan sebagai indikator untuk mempelajari fungsi Daerah Aliran Sungai.

III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2018 hingga bulan Maret 2018 berlokasi di Daerah Aliran Sungai Rejoso yang terletak di kaki gunung Bromo dan terdiri dari 16 kecamatan (Gambar 2) yang memiliki fungsi strategis yaitu sebagai sumber pasokan air bersih bagi masyarakat Pasuruan, Sidoarjo, dan Surabaya. DAS Rejoso memiliki luasan sebesar 63,359 Ha dengan panjang DAS sekitar 22 km yang terletak di Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur.



Gambar 2. Lokasi Daerah Penelitian

3.2 Alat dan Bahan

Penelitian ini dilakukan dengan dua tahapan yaitu pengolahan data landsat (citra satelit) untuk menghasilkan peta tutupan lahan kemudian simulasi model *GenRiver* dengan menggunakan data-data primer maupun sekunder. Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Alat dan bahan penelitian

Alat dan Bahan Penelitian	
Alat	Fungsi
Komputer	Untuk mengolah data penelitian
ArcGis 10.2	Untuk membuat peta tutupan lahan dan pengembangan scenario lain
ENVI 4.7	Untuk mengolah data Citra Landsat
Google Earth	Untuk uji akurasi peta penggunaan lahan
GenRiver	Untuk simulasi neraca air DAS
Stella 7.0	Untuk platform dalam menjalankan model GenRiver
Bahan	Fungsi
Citra Landsat	Untuk membuat peta tutupan lahan
Data Debit	Untuk data input dalam simulasi GenRiver dan data untuk validasi model
Data Curah Hujan	Untuk data input dalam simulasi GenRiver
Rencana Tata Ruang Wilayah	Untuk data input dalam simulasi GenRiver
Peta Perubahan Tutupan Lahan (2005, 2006, 2008, dan 2009)	Untuk data input dalam simulasi GenRiver
Peta Stasiun Curah Hujan	Untuk mengetahui sebaran stasiun curah hujan
Peta Kemampuan Lahan	Untuk data input dalam simulasi GenRiver
Peta Jenis Tanah	Untuk data input dalam simulasi GenRiver

3.3 Metode.

3.3.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan melakukan pencarian pustaka dan artikel ilmiah mengenai penggunaan lahan dan debit air dalam kurun waktu 2005, 2006, 2008, dan 2009 . Selain itu dilakukan pengumpulan data-data sekunder dalam melakukan penelitian ini yaitu.

1. Mencari dan mengumpulkan data penggunaan lahan pada Daerah Aliran Sungai Rejoso menggunakan citra landsat tahun 2005, 2006, 2008, dan 2009 untuk mengetahui tingkat perubahan penggunaan lahan di DAS Rejoso
2. Mengumpulkan data curah hujan dan data debit DAS Rejoso dalam kurun waktu 4 tahun yaitu 2005, 2006, 2008, dan 2009 yang digunakan untuk melakukan validasi model GenRiver guna penilaian indikator dan kriteria hidrologi DAS Rejoso

3.3.2 Analisis Perubahan Penggunaan Lahan DAS Rejoso

Analisis perubahan penggunaan lahan DAS Rejoso ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara manajemen yang di pilih dalam pengelolaan daerah aliran sungai terhadap indikator dan kriteria hidrologi daerah aliran sungai pada DAS Rejoso. Dalam penelitian ini, terdapat dua kesatuan skenario yang dilakukan yaitu :

- a. Skenario kondisi penggunaan lahan aktual DAS Rejoso menggunakan citra landsat 7 pada tahun 2005, 2006, 2008, dan 2009 menggunakan metode klasifikasi *unsupervised*.
- b. Skenario penggunaan lahan berdasarkan Perencanaan Tata Ruang Wilayah Kabupaten Pasuruan spesifik di DAS Rejoso, serta menggunakan penggunaan lahan sesuai dengan Kelas Kemampuan Lahan DAS Rejoso.

Pengolahan skenario manajemen DAS dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Envi 4.7* yang digunakan untuk pengolahan citra landsat 7 pada tahun 2005, 2006, 2008, dan 2009. Perangkat lunak *Envi 4.7* tersebut digunakan untuk mengolah citra landsat mentah yaitu dengan menggabungkan *band* dengan kombinasi band 321 yang merupakan kombinasi *Natural Color* yang merupakan kombinasi sesuai dengan system visual manusia. Untuk pengklasifikasian peta perubahan penggunaan lahan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *ArcGIS 10.2* sebagai media klasifikasi perubahan penggunaan lahan dari citra landsat yang sudah diolah. Selain untuk mengklasifikasikan citra landsat tersebut perangkat lunak *ArcGIS 10.2* digunakan untuk mengolah peta rencana tata ruang dan wilayah di Kabupaten Pasuruan.

3.3.3 Analisis Curah Hujan DAS Rejoso

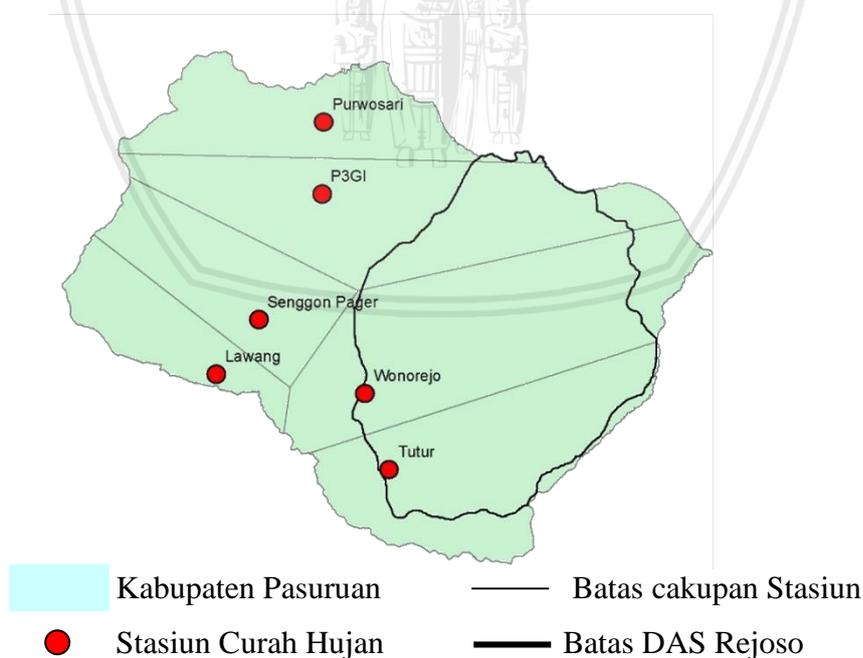
Di Kabupaten Pasuruan terdapat 8 stasiun pengukuran curah hujan yang mencakup data curah hujan (Gambar 3) yaitu: stasiun P3GI, Lawang, Tuter, Wonorejo, Purwosari, Sengon Pager, dan Telebuk. Metode *Polygon Thiessen* digunakan untuk mendapatkan data curah hujan rata-rata yang representative dan mencakup keseluruhan DAS Rejoso. Adapun besar kecilnya proporsi sumbangan curah hujan dari suatu stasiun didasarkan atas luasnya dalam kawasan DAS. Peta luasan masing-masing stasiun curah hujan dihitung dengan bantuan perangkat lunak *ArcGIS 10.2*. dengan menggunakan persamaan berikut ini (Suripin, 2004).

$$P = \frac{P_1 A_1 + P_2 A_2 + \dots + P_n A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Dimana :

- P_1, P_2, \dots, P_n adalah curah hujan yang tercatat di stasiun curah hujan 1, 2, ..., n
- A_1, A_2, \dots, A_n adalah luas areal poligon 1, 2, ..., n

Dan n adalah banyaknya stasiun curah hujan



Gambar 3. Peta *Polygon Thiessen* DAS Rejoso

Dari 8 stasiun curah hujan yang terdapat di Kabupaten Pasuruan, terdapat 4 stasiun curah hujan yang representatif untuk studi ini yaitu: Wonorejo, Purwosari, P3GI, dan Tuttur (Gambar 3).

3.3.4 Parameterisasi, Simulasi, dan Validasi Model GenRiver

Model Aliran Sungai Generik (GenRiver) merupakan sebuah model yang dikembangkan berdasarkan proses hidrologi (*process based model*). Menurut van Noordwijk (2004) GenRiver merupakan sebuah pemodelan dalam skala DAS yang merupakan model sederhana yang dikembangkan berdasarkan proses hidrologi dan neraca air pada tingkat daerah aliran sungai. Model ini dikerjakan dengan perangkat lunak *Stella 7.0* dan dihubungkan dengan *Microsoft excel*.

Terdapat tiga tahapan dalam pemanfaatan model *GenRiver* yaitu parameterisasi, simulasi, dan validasi terhadap model. Langkah pertama yang dilakukan adalah parameterisasi. Parameterisasi model *GenRiver* dilakukan dengan memasukkan data dan/atau menyesuaikan parameter-parameter input *GenRiver* sesuai dengan kondisi DAS, seperti panjang sungai, intensitas curah hujan, infiltrasi, dan kemampuan maksimal tanah dalam melakukan infiltrasi. Langkah ini dilakukan untuk mengkondisikan supaya model *GenRiver* siap dijalankan.

Tahap kedua adalah simulasi, simulasi adalah menjalankan (*running*) model yang sebelumnya telah disesuaikan dengan parameter DAS yang bertujuan untuk mendapatkan hasil simulasi yang diinginkan.

Tahap terakhir adalah proses validasi model, pada tahap ini debit sungai hasil simulasi akan dibandingkan dengan data debit sungai dari hasil pengamatan lapangan untuk melihat performa model. Validasi model dikatakan berhasil apabila data hasil simulasi memiliki kesamaan nilai dan pola debit hasil pengukuran lapangan setelah diplotkan dalam grafik sumbu x dan y (x adalah data hasil pengukuran lapangan dan y adalah data hasil simulasi). Apabila nilai dan pola debit belum sesuai (nilai R^2 rendah), maka perlu dilakukan proses parameterisasi ulang (langkah2) dengan menyesuaikan parameter-parameter tertentu. Proses parameterisasi dan validasi dapat

dihentikan apabila model telah dapat dikatakan mampu merepresen-tasikan kondisi DAS.

3.4 Analisis Data

Analisis data penelitian dilakukan dengan menentukan kriteria dan indikator hidrologi DAS berdasarkan can Noordwijk dan Farida, (2004). Kriteria dan indikator hidrologi ini diperlukan dalam mempelajari fungsi hidrologi pada DAS Rejoso. Indikator yang digunakan untuk dijadikan parameter dalam fungsi hidrologi ini adalah data fluktuasi debit sungai dan data curah hujan sehingga dapat dijadikan sebagai penilaian dalam indikator penyangga akibat adanya perbedaan penggunaan lahan pada DAS Rejoso. Kriteria hidrologi tersebut dapat dihubungkan secara langsung antara pengertian kuantitatif bagaimana hujan pretisipasi (P) dapat terurai menjadi aliran sungai (Q) dan evapotranspirasi (E) pada suatu sistem neraca air. Dengan adanya data curah hujan dan data hasil pengamatan debit air dilapang, serta simulasi pada model maka dapat ditentukan kriteria-kriteria kuantitatif indikator hidrologi. Kriteria tersebut antara lain.

a. Transmisi Air

Transmisi air merupakan total debit sungai per unit hujan pada suatu luasan DAS. Transmisi air diformulasikan sebagai berikut.

$$TWY = \frac{\sum Q}{(A \times \sum P)}$$

Dengan:

TWY : Total debit sungai per unit hujan

Q : Debit sungai (mm hari⁻¹)

P : Presipitasi (mm hari⁻¹)

A : Luasan DAS (km²)

Satuan unit diatas selanjutnya akan digunakan untuk menghitung indikator penyangga.

b. Penyangga pada puncak kejadian hujan

Merupakan indikator kejadian debit puncak (banjir) relatif terhadap adanya hujan pada area DAS. Indikator penyangga ini meliputi.

1. *Buffering Indicator* (BI) atau Indikator Penyangga

BI merupakan koefisien yang menyatakan bahwa kemampuan suatu area DAS untuk menyangga hasil dari debit air pada setiap satuan waktu pada suatu luasan DAS tertentu. Indikator Penyangga ini diformulasikan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \mathbf{BI} &= \frac{(P_{abAvg} - (Q_{abAvg}/A))}{P_{abAvg}} \\ &= \frac{(1 - Q_{abAvg})}{A \times P_{abAvg}} \end{aligned}$$

Dimana:

$$P_{abAvg} = \sum \max (P - P_{mean}, 0)$$

$$Q_{abAvg} = \sum \max (Q - Q_{mean}, 0)$$

2. *Relative Buffering Indicator* (RBI)

Merupakan indikator penyangga relatif terhadap total debit pada area DAS. Indikator penyangga relatif ini diformulasikan sebagai berikut.

$$\mathbf{RBI} = 1 - (Q_{abAvg}/Q_{tot}) / (P_{abAvg}/P_{tot})$$

3. *Buffering Peak Event* (BPE) atau indikator penyangga puncak hujan

BPE merupakan koefisien yang menyatakan kemampuan suatu area DAS untuk menyangga total debit air sungai pada saat terjadi hujan maksimum atau curah hujan yang berada di atas rata-rata saat bulan basah (musim hujan). BPE diformulasikan sebagai berikut.

$$\mathbf{BPE} = 1 - \max(\text{daily_}Q - Q_{mean}) / (A \times \max(\text{daily_}P - P_{mean}))$$

Satuan debit yang digunakan untuk analisis indikator ini adalah dalam satuan mm/hari.

IV.HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Umum DAS Rejoso

DAS Rejoso merupakan salah satu DAS yang terletak di bagian timur Kabupaten Pasuruan yang mencakup luasan sebesar 613,384 km². DAS Rejoso dialiri sungai Rejoso dengan panjang 22 km yang mengalir dari selatan ke utara dengan muara ke pesisir Laut Jawa. DAS rejoso secara administratif berbatasan dengan Kabupaten Probolinggo dan Kabupaten Malang dan mencakup 10 kecamatan yaitu Grati, Puspo, Tosari, Pasrepan, Lumbang, Gondang Wetan, Winongan, Rejoso, Lekok dan Nguling.

DAS Rejoso memiliki iklim tropis dengan suhu rata-rata antara 27° C C dengan suhu minimum 22° C dan dapat mencapai suhu tertinggi sebesar 33°C. Menurut klasifikasi iklim Schmidt Ferguson DAS Rejoso tergolong dalam klasifikasi iklim Agak Basah (iklim C) klasifikasi ini di tentukan dengan perbandingan antara jumlah bulan basah (>100mm) dan bulan kering (<60mm) dimana DAS Rejoso memiliki 7 bulan basah dengan curah hujan tertinggi 330 mm hari⁻¹ dan 4 bulan kering dengan curah hujan terendah 21 mm hari⁻¹.

Kondisi geografis DAS Rejoso sendiri beraneka ragam yaitu dengan adanya beberapa jenis tanah yang terdapat pada DAS tersebut. DAS rejoso memiliki jenis tanah antara lain Alfisol 6.91 %, Andisol 4.47%, Inceptisol 67.58%, dan Entisol sebesar 21,05 % (Tabel 1 dan Lampiran 1). DAS Rejoso memiliki beragam jenis tanah tersebut dikarenakan letaknya yang terdiri dari dataran vulkanik di bagian selatan Gunung Bromo yang merupakan bagian hulu DAS dan bagian utara yaitu pesisir laut jawa merupakan bagian hilir DAS Rejoso.

Tabel 1 Sebaran Jenis Tanah di DAS Rejoso

Jenis Tanah	Luas km2	Presentase (%)
Alfisol	42.56	6.91
Andisol	27.57	4.47
Inceptisol	416.54	67.58
Entisol	129.73	21.05
Jumlah	616.40	100.00

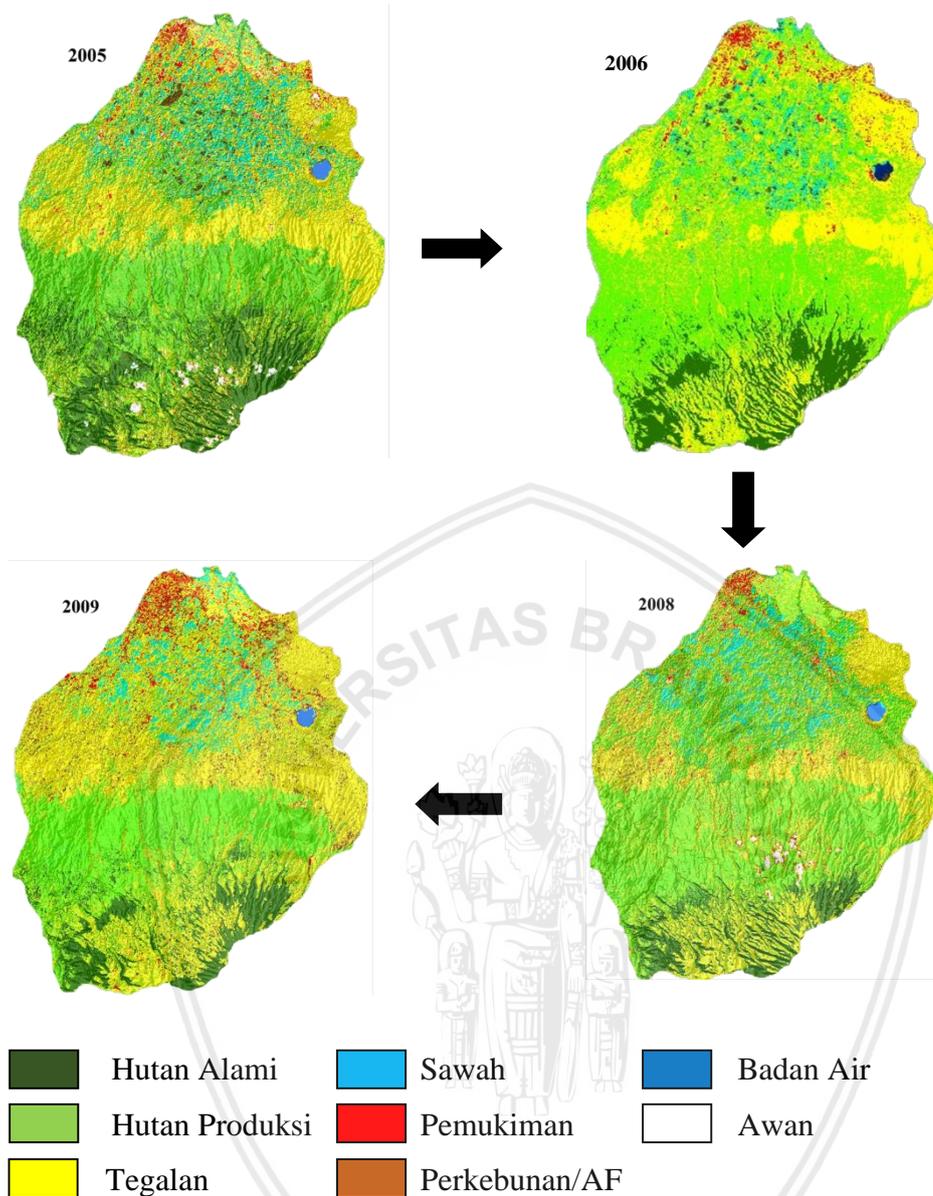
(Sumber, BPTKP DAS)

4.1.1. Perubahan Penggunaan Lahan pada DAS Rejoso dan RTRW DAS Rejoso

Pola perubahan penggunaan berdasarkan citra landsat 7 yang dilakukan di daerah penelitian dari hasil pengamatan tahun 2005-2009 dalam jangka waktu 4 tahun masing-masing telah digambarkan di peta yang disajikan di Lampiran 4. Berdasarkan citra landsat yang di olah menjadi peta penggunaan lahan pada kurun waktu 4 tahun tersebut memiliki luas total 616,384 km² dengan memiliki 7 penggunaan lahan yaitu hutan alami, hutan produksi, tegalan, sawah atau tambak, perkebunan (agroforestri), pemukiman, dan badan air. Untuk luas masing-masing lahan tersebut dapat dilihat pada Tabel 3 dan Lampiran 4. Namun pada beberapa wilayah pada tahun 2005 dan 2008 tertutupi oleh awan sebesar 0,011% pada tahun 2005 dan 0,005% pada tahun 2008.

Hasil analisis perubahan penggunaan lahan menyebutkan bahwa lahan yang mengalami konversi paling tinggi adalah hutan alami dengan total 0,054 % atau 0,014 % tiap tahunnya dan hutan produksi dengan total konversi sebesar 0,052 % atau 0,013 % tiap tahunnya seperti terlihat pada Gambar 4 dan Lampiran 2 dari peta perubahan penggunaan lahan yang telah di buat.

Data perubahan tutupan lahan dapat dilihat pada Tabel 3, diketahui bahwa hutan alami dan hutan produksi terkonversi menjadi lahan budidaya yaitu tegalan dan sawah, perluasan lahan budidaya ini sebesar 0,014% setiap tahunnya menjadi tegalan dan 0,011% setiap tahun menjadi lahan budidaya basah (sawah dan tambak).



Gambar 4. Peta Perubahan Penggunaan Lahan

Tabel 3. Tabel perubahan penggunaan lahan

Penggunaan Lahan	2005		2009		Land use	Laju Perubahan %/th
	Luas (km ²)	%	Luas (km ²)	%		
Hutan Alami	93,9	15.2	60.6	9.8	-5.4	-1.4
Hutan Produksi	196,3	31.8	164.3	26.7	-5.2	-1.3
Tegalan	219,9	35.7	254.0	41.2	5.5	1.4
Sawah/Tambak	60.0	9.7	85.9	13.9	4.2	1.1
Perkebunan/AF	27,2	4.4	34.3	5.6	1.1	0.3
Pemukiman	11,1	1.8	15.8	2.6	0.8	0.2
Badan Air	1,4	0.2	1.4	0.2	0.0	0.0
No Data	6,5	1.1	0.0	0.0	-1.1	-0.3
TOTAL	616,4	100.0	616.4	100.0		

Selain dengan adanya perubahan data penggunaan lahan tersebut, diperoleh juga data rencana tata ruang dan wilayah Kabupaten Pasuruan. Untuk data RTRW ini diperoleh dari pemotongan peta RTRW Kabupaten Pasuruan dengan DAS Rejoso sehingga diperoleh data RTRW yang mencakup DAS Rejoso. Dari data rencana tata ruang dan wilayah DAS Rejoso, terdapat 11 perencanaan tata ruang yaitu kawasan perkotaan, kawasan hutan bakau, kawasan industri, kawasan pemukiman, budidaya air payau, pertanian lahan basah, pertanian lahan kering, kawasan hutan produksi, kawasan perkebunan, kawasan hutan lindung, dan danau. Berdasarkan ke 11 perencanaan tata kelola ruang dan wilayah Kabupaten pasuruan tersebut, wilayah terluas yaitu terdapat pada kawasan hutan produksi dengan luas lahan sebesar 134.6 Km² atau 21.83% dari luas keseluruhan DAS Rejoso yang seluas 616.4 Km² (Tabel 4). Untuk kawasan strategis lainnya yang mempunyai nilai paling kecil dari rencana tata ruang dan wilayah di Kabupaten yang terdapat di wilayah DAS Rejoso adalah kawasan industri dimana hanya memiliki luas 5.06 Km² atau hanya 0.82% dari total keseluruhan DAS Rejoso (Tabel 4). Untuk kawasan penting lainnya seperti kawasan hutan lindung RTRW di DAS Rejoso direncanakan seluas 57 Km² dan kawasan pertanian lahan basah berada di kawasan terluas ke dua dari sebelas penggunaan lahan di RTRW yang mencakup DAS Rejoso dengan luas 126.4 Km² atau 20.5% dari total luas DAS Rejoso.

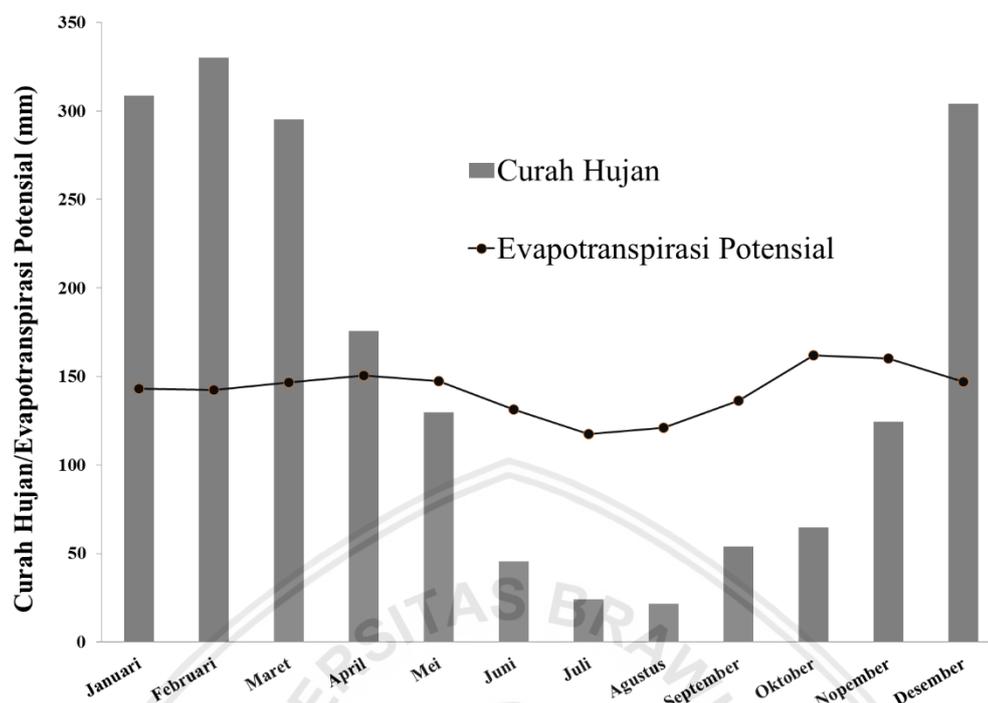
Tabel 4. Data rencana tata ruang dan wilayah DAS Rejoso

Penggunaan Lahan	Luas Penggunaan Lahan (Km²)	Presentase (%)
Kawasan Perkotaan	30.3	4.9
Kawasan Hutan Bakau	5.4	0.9
Budidaya Air Payau	12.2	2.0
Kawasan Industri	5.1	0.8
Kawasan Pemukiman	110.8	18.0
Pertanian Lahan Basah	106.6	17.3
Pertanian Lahan Kering	126.4	20.5
Hutan Produksi	134.6	21.8
Kawasan Perkebunan	26.1	4.2
Hutan Lindung	57.0	9.2
Danau	2.0	0.3
Jumlah	616.4	100.0

(Sumber: Pemerintah Kabupaten Pasuruan, 2009)

4.1.2 Iklim DAS Rejoso

DAS Rejoso memiliki 4 stasiun curah hujan yang menampung data curah hujan yang masuk ke dalam DAS Rejoso, stasiun tersebut adalah P3GI, Tukur, Wonorejo, dan Purwosari. Berdasarkan ke empat stasiun curah hujan tersebut diperoleh data komulatif antara tahun 2005 hingga 2009 bahwa curah hujan tahunan di DAS Rejoso bervariasi antara 1469-1778 mm tahun⁻¹ dan rata-rata curah hujan 16230 mm tahun⁻¹. Musim hujan di DAS Rejoso di mulai pada bula November hingga April dimana curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Februari dengan curah hujan bulanan 330 mm Untuk musim kemarau DAS Rejoso di mulai dari bulan Mei hingga Oktober dimana curah hujan terendah terjadi pada bulan Agustus dengan curah hujan sebesar 21.5 mm. Suhu udara rata-rata pada DAS Rejoso berkisar antara 27°C-28.°C dengan suhu tertinggi terjadi pada bulan Oktober dengan suhu sebesar 33.°C (Lampiran 11) dan disertai dengan nilai potensial evaporasi sebesar 1808 mm per tahun (Gambar 5 dan Lampiran 7).



Gambar 5. Curah hujan bulanan dan nilai dugaan evapotranspirasi potensial di DAS Rejoso dari tahun 2005-2009.

4.1.3 Debit Sungai dan Curah Hujan DAS Rejoso

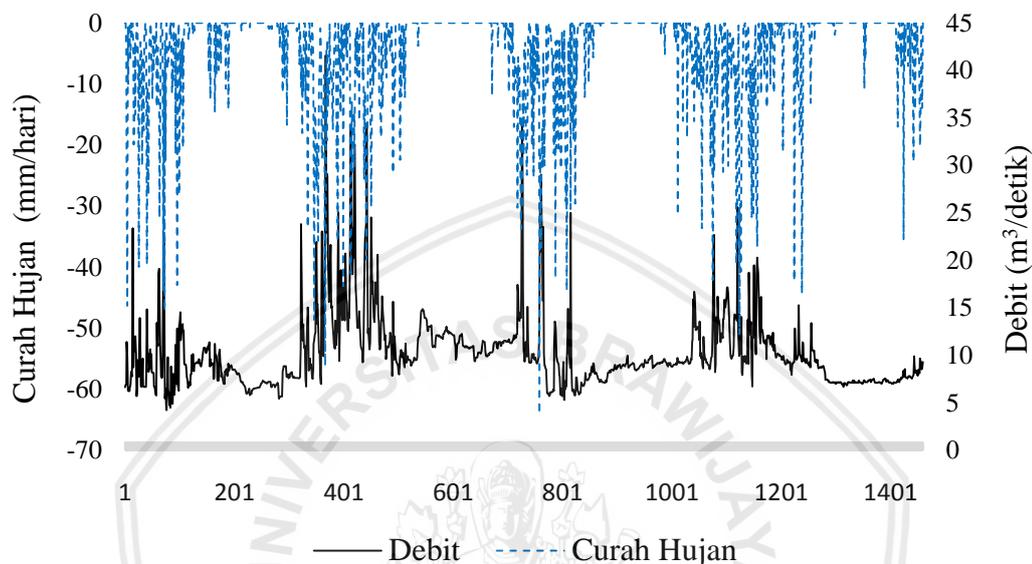
Curah hujan representative DAS Rejoso dihitung dengan menggunakan metode *polygon thiessen* dari 4 stasiun curah hujan yang masuk ke dalam wilayah DAS Rejoso (Wonorejo, P3GI, Tutur dan Purwosari). Berdasarkan ke empat stasiun curah hujan tersebut stasiun Wonorejo lah yang memiliki luasan terbesar yang menyumbang curah hujan di DAS Rejoso yaitu seluas 289.57 Km² (Tabel 5) dan stasiun P3GI yang memiliki wilayah terkecil yaitu 2.922 Km².

Tabel 5. Wilayah stasiun curah hujan DAS Rejoso

Nama Stasiun	Luas Daerah (Km ²)	Presentase
Wonorejo	289.6	47.0
Purwosari	2.9	0.5
P3GI	126.2	20.5
Tutur	197.8	32.1
Total	616.4	100

(sumber: BMKG Kabupaten Pasuruan)

Data curah hujan dan debit sungai yang digunakan adalah data tahun 2005 hingga 2009. Dari data yang sudah diperoleh tersebut didapatkan hubungan antara polah curah hujan dan debit sungai yang setara, dimana apabila curah hujan tinggi maka debit sungai akan ikut tinggi (Gambar 6 dan Lampiran 8). Sehingga pola curah hujan dan debit sungai DAS Rejoso dapat dikatakan normal.



Gambar 6. Hubungan Pola Curah Hujan dan Debit Sungai DAS Rejoso.

Berdasarkan hubungan antara pola curah hujan dan debit sungai DAS Rejoso (Gambar 6) dapat dilihat bahwa apabila terjadi curah hujan tinggi maka diikuti dengan peningkatan debit sungai. Curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Januari 2008 dimana curah hujan yang terjadi yaitu $64.05 \text{ mm hari}^{-1}$ dan diikuti debit sungai sebesar $25.85 \text{ m}^3 \text{ detik}^{-1}$. Menurut Lusiana *et al.*, (2008) pola curah hujan dibagi menjadi tiga tahapan, yaitu.

1. Tahap awal, yaitu fase dimana curah hujan akan tertampung/tersimpan pada awal hujan.
2. Paruh waktu musim hujan dimana sebagian besar curah hujan akan dialirkan ke sungai, dan
3. Tahapan musim kemarau, dimana pada musim kemarau ini sungai dan mata air akan memperoleh air melalui pelepasan simpanan air secara bertahap (*gradual water release*).

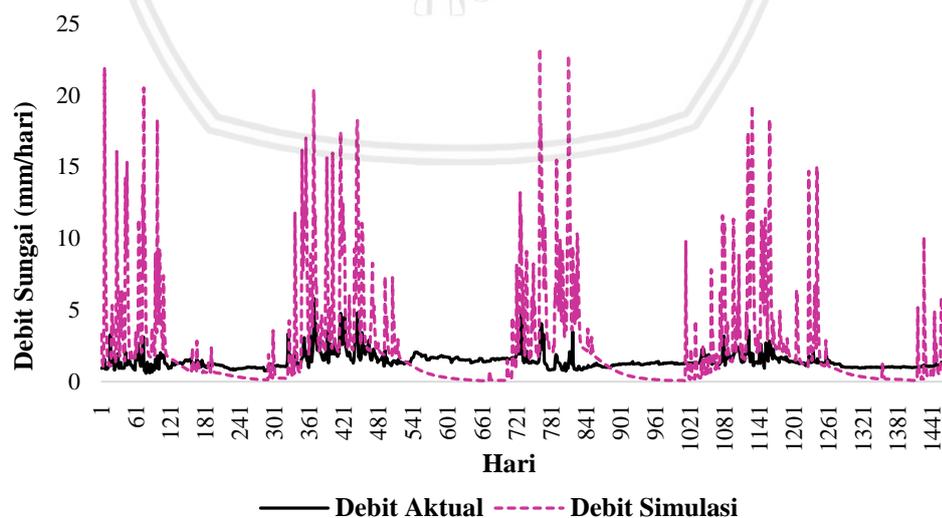
Berdasarkan grafik hubungan pola curah hujan dan debit sungai DAS Rejoso (Gambar 6) dapat dilihat bahwa DAS Rejoso memiliki kapasitas dan penyangga

debit dan penyimpanan curah hujan yang cukup bagus. Hal tersebut dapat dikatakan bahwa pada musim kemarau dimana curah hujan yang rendah sampai tidak terjadi hujan, debit sungai di DAS Rejoso tetap mengalirkan air melalui sungai dan tidak terjadi luapan yang tinggi saat curah hujan tinggi. Handayani dan Yongki (2011), menyampaikan bahwa kondisi daerah aliran sungai akan baik jika tidak ada lonjakan debit secara ekstrim (luapan) saat terjadi curah hujan tinggi dan sebaliknya sungai tetap mengalir pada saat tidak terjadi hujan.

4.5 Kalibrasi Model GenRiver

Performa model dikatakan bagus apabila memiliki hasil simulasi yang mendekati hasil pengukuran dilapangan. Baik tidaknya performa model tergantung dari aktivitas parameterisasi dan kalibrasi.

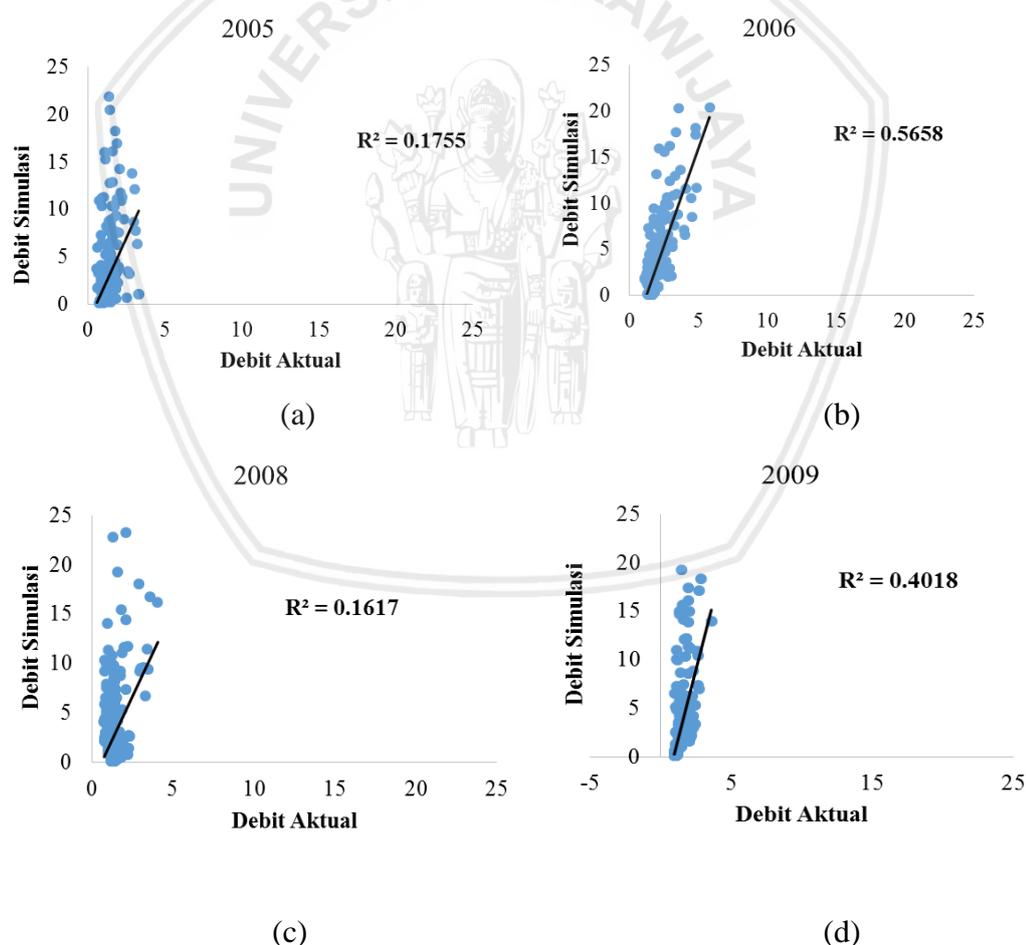
Dalam penelitian ini, secara umum debit hasil simulasi model GenRiver memiliki pola yang sama dengan debit aktual namun nilainya masih jauh lebih tinggi (*overestimated*) seperti yang terlihat pada Gambar 7 perbedaan yang terjadi tersebut kemungkinan dapat disebabkan oleh salah satu faktor yaitu adanya data yang kurang lengkap sehingga dapat menyebabkan terjadinya perbedaan debit sungai pada pengukuran aktual dengan debit hasil simulasi (Lusiana, 2008). Upaya perbaikan performa model dapat dilakukan dengan proses kalibrasi lebih lanjut dengan menyesuaikan parameter-parameter yang diperkirakan masih belum sesuai.



Gambar 7. Hidrograf kalibrasi debit sungai DAS Rejoso pengukuran aktual dan hasil simulasi GenRiver.

Untuk menjawab pertanyaan penelitian, simulasi menggunakan GenRiver menggunakan skenario: a. perubahan tutupan lahan DAS Rejoso pada tahun 2005, 2006, 2008, dan 2009; b data tutupan lahan berdasarkan RTRW Kabupaten Pasuruan yang masuk kawasan DAS Rejoso dan tutupan lahan berdasarkan Kelas Kelampauan Lahan.

Perbandingan *output* model *GenRiver* dengan data pengukuran aktual menunjukkan bahwa simulasi model dengan menggunakan data tutupan lahan tahun 2006 memiliki nilai R^2 yang lebih baik dari tahun-tahun yang lain (Gambar 8). Sehingga satuan data (*dataframe*) yang digunakan untuk proses simulasi skenario-skenario berikutnya menggunakan data tahun 2006. Namun demikian, hal yang perlu diperhatikan adalah bahwa data debit hasil simulasi memiliki nilai yang jauh lebih tinggi dari data aktual (*overestimated*).



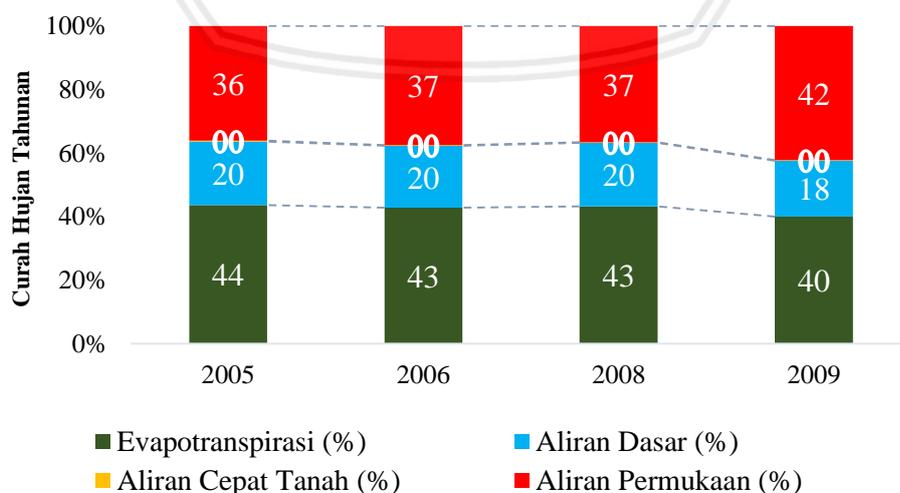
Gambar 8. Hasil perbandingan debit simulasi dengan debit aktual (mm hari^{-1+}): (a) 2005, (b) 2006, (c) 2008, dan (d) 2009.

4.6 Hubungan Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Neraca Air dan Indikator Kesehatan DAS Rejoso

4.6.1 Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Neraca Air DAS Rejoso

Suatu DAS dapat dikatakan sehat apabila memiliki nilai neraca air yang baik. Dimana neraca air tersebut meliputi curah hujan yang masuk ke wilayah daerah aliran sungai, limpasan permukaan, aliran cepat tanah, aliran sungai, aliran dasar sungai, dan evapotranspirasi. Beberapa faktor yang dapat dikatakan sebagai indikator kesehatan pada neraca air daerah aliran sungai tersebut salah satunya dapat dipengaruhi oleh adanya perubahan penggunaan lahan. Menurut Maryanto *et al.*, (2014) Penggunaan lahan merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi hasil neraca air daerah aliran sungai, dimana perubahan penggunaan lahan berdampak pada menurunnya fungsi daerah aliran sungai dengan ditandai adanya penurunan kualitas produktifitas lahan dan penurunan daya resap air pada daerah aliran sungai.

Hasil akhir dari model *GenRiver* yang digunakan dalam penelitian ini salah satunya adalah untuk mengetahui hasil dari neraca air daerah aliran sungai Rejoso. Dalam pemodelan tersebut dilakukan skenario dimana skenario tersebut adalah perubahan penggunaan lahan yang terjadi pada tahun 2005, 2006, 2008, dan 2009 (Lampiran 12).



Gambar 9. Neraca air tahunan di DAS Rejoso hasil dari output model *GenRiver*.

Sebagai salah satu penyumbang air bagi Kabupaten Pasuruan dan sekitarnya tentunya DAS Rejoso harus memiliki hasil neraca air yang baik dan seimbang. Berdasarkan hasil model dari beberapa skenario perubahan penggunaan lahan dan rencana tata ruang wilayah Kabupaten Pasuruan, didapatkan hasil dimana pada curah hujan yang sama yaitu 1608.6 mm sepertiganya menjadi menjadi aliran permukaan (*surface flow*) dari tahun 2005-2008 tidak mengalami perubahan yang signifikan yaitu antara 36-37 % air terlimpas dan sisanya menjadi aliran dasar sebesar 20% dan evapotranspirasi sebesar 44% (Gambar 9). Akan tetapi pada tahun 2009 jumlah air yang menjadi limpasan permukaan (*surface flow*) mengalami kenaikan sebesar 6% dan penurunan aliran dasar (*base flow*) sebesar 2% serta evapotranspirasi mengalami penurunan sebesar 4%.

Menurutnya kualitas DAS terlihat pada kondisi neraca air hasil simulasi *GenRiver* dimana dari total curah hujan yang turun dari tahun ke tahun sebagian besar menjadi aliran permukaan (*Surface flow*). Perubahan penggunaan lahan yang terjadi di DAS Rejoso tersebut salah satu faktor yang menyebabkan penurunan neraca air DAS (Maryanto, 2014). Penurunan neraca air DAS Rejoso dan meningkatnya laju aliran permukaan dari tahun ke tahun terjadi karena adanya penurunan luas hutan alami dan hutan produksi yang beralih menjadi pemukiman dan tegalan. Hutan berhubungan dengan fungsi kualitas dan kuantitas daerah aliran sungai. Meningkatnya laju limpasan permukaan dikarenakan berkurangnya air yang terserap ke dalam tanah karena berkurangnya luasan hutan alami (van Noordwijk *et al.*, 2003). Penurunan neraca air DAS yang ditandai dengan meningkatnya aliran permukaan dan debit serta berkurangnya evapotranspirasi disebabkan adanya perubahan penggunaan lahan seperti bertambahnya pemukiman, tegalan dan berkurangnya lahan hutan (Coe *et al.*, 2009)

4.6.2 Hubungan Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Indikator Kesehatan DAS Rejoso.

Kesehatan dan fungsi daerah aliran sungai dapat dilihat berdasarkan indikator-indikator hidrologi. Salah satu kondisi biofisik yang mempengaruhi fungsi dari kesehatan dan hidrologi DAS adalah perubahan penggunaan lahan. Perubahan penggunaan lahan menyebabkan turunnya penutupan lahan sehingga air hujan yang turun ke wilayah DAS langsung terbuang ke sungai diakibatkan daya

serap tanah berkurang. Fungsi dari kesehatan DAS dapat dilihat berdasarkan kondisi indikator hidrologi, dimana indikator hidrologi menggambarkan hubungan curah hujan dengan penutupan lahan. Terdapat 4 indikator yang menunjukkan kondisi kesehatan DAS, yaitu Total debit sungai per unit hujan (TWY), Indikator Penyangga (BI), Indikator Penyangga Relatif (RBI), dan Indikator Penyangga Puncak Kejadian Hujan (BPE) (Lampiran 14).

- a. Hubungan Total debit per unit hujan (TWY) terhadap perubahan penggunaan lahan.

TWY (total debit per unit hujan) menggambarkan besaran air yang dihasilkan oleh daerah aliran sungai pada saat terjadinya hujan. Hubungan nilai TWY terhadap penggunaan lahan dapat dilihat berdasarkan gambar 11. Pada gambar 12 dapat dilihat nilai R^2 dari nilai Total debit per unit hujan (TWY) terhadap masing-masing penggunaan lahan di DAS Rejoso. Nilai TWY akan mengalami perubahan ketika terjadinya perubahan penggunaan lahan. Sehingga nilai TWY sangat dipengaruhi oleh besarnya tingkat perubahan penggunaan lahan atau luas masing-masing penggunaan lahan.

Berdasarkan grafik hubungan TWY dengan penggunaan lahan pada Gambar 11 penggunaan lahan yang paling berpengaruh terhadap nilai TWY adalah pemukiman dan sawah. Nilai tertinggi pada grafik hubungan nilai total debit per unit hujan (TWY) terhadap penggunaan lahan adalah pada lahan sawah dengan nilai R^2 sebesar 0.85. Semakin luas penggunaan lahan tegalan dan pemukiman maka semakin tinggi nilai TWY. Sehingga luas penggunaan lahan sawah dan pemukiman berbanding lurus dengan nilai TWY.

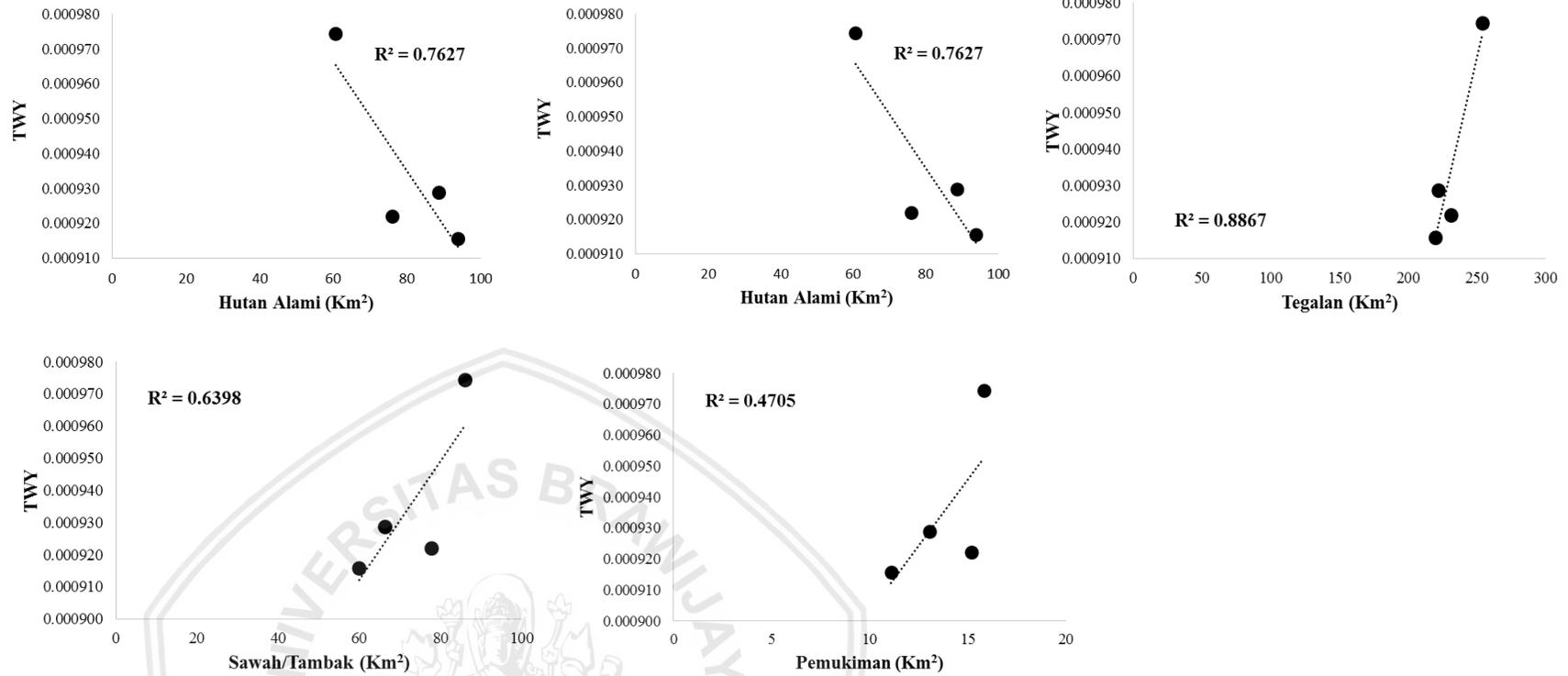
Perubahan penggunaan lahan yang berasal dari hutan alami kemudian dari hari kehari akan mengalami perubahan. Terkonversinya hutan alami menjadi beberapa jenis penggunaan lahan seperti menjadi lahan budidaya pertanian dan pemukiman akan mempengaruhi hasil air di daerah aliran sungai. Menurut Asdak (2007) menyatakan bahwa terjadinya perubahan tataguna lahan atau perubahan penggunaan lahan yang berskala besar dan permanen dapat mempengaruhi besar kecilnya hasil air. Adanya peningkatan debit di daerah aliran sungai saat terjadinya hujan dapat dipengaruhi oleh

berkurangnya tutupan lahan dan konversi lahan hutan menjadi pemukiman atau lahan budidaya pertanian (Coe *et al.*, 2009).

b. Indikator Penyangga (BI)

Indikator penyangga (BI) merupakan indikator yang menggambarkan kemampuan daerah aliran sungai dalam menyangga curah hujan. Hubungan nilai indikator penyangga (BI) dengan masing-masing penggunaan lahan ditunjukkan pada Gambar 12. Besar kecilnya nilai indikator penyangga pada saat terjadinya hujan pada masing-masing penggunaan lahan menunjukkan kondisi dari kesehatan DAS. Apabila nilai indikator penyangga memiliki nilai yang besar menunjukkan bahwa daerah aliran sungai memiliki fungsi yang baik dalam menyangga saat terjadinya hujan. Gambar 12 menunjukkan bahwa nilai BI yang paling besar adalah pada penggunaan lahan hutan alami, hutan produksi dan agroforestri.

Besarnya nilai indikator penyangga pada penggunaan lahan hutan alami, hutan produksi, maupun agroforestri tersebut dipengaruhi oleh rapatnya vegetasi sehingga laju intersepsi air hujan dapat terhalang oleh kanopi pohon sehingga air hujan tidak akan langsung terlimpas ke sungai serta dapat meningkatkan laju infiltrasi pada saat terjadi hujan. Gambar 13 menunjukkan bahwa penurunan luasan hutan alami, agroforestri, dan hutan produksi berbanding lurus dengan penurunan nilai indikator penyangga (BI) DAS. Menurut Noordwijk *et al.*, (2004) Hutan tidak menyimpan air maupun menghasilkan air, namun hutan dapat memberikan peluang kepada spons untuk terisi kembali yang kemudian dapat dialirkan pada musim kemarau, selain itu hutan mampu meningkatkan laju infiltrasi yang dapat menembus hingga lapisan *subsoil* yang menjadi sumber mata air. Di dukung oleh pernyataan Pudjiharta (2008) hutan mampu menahan (intersepsi) air hujan yang turun melalui kanopi dan tajuk tanaman sehingga air hujan tidak langsung turun ke permukaan tanah. Kondisi tersebut dapat mengurangi terjadinya aliran permukaan.



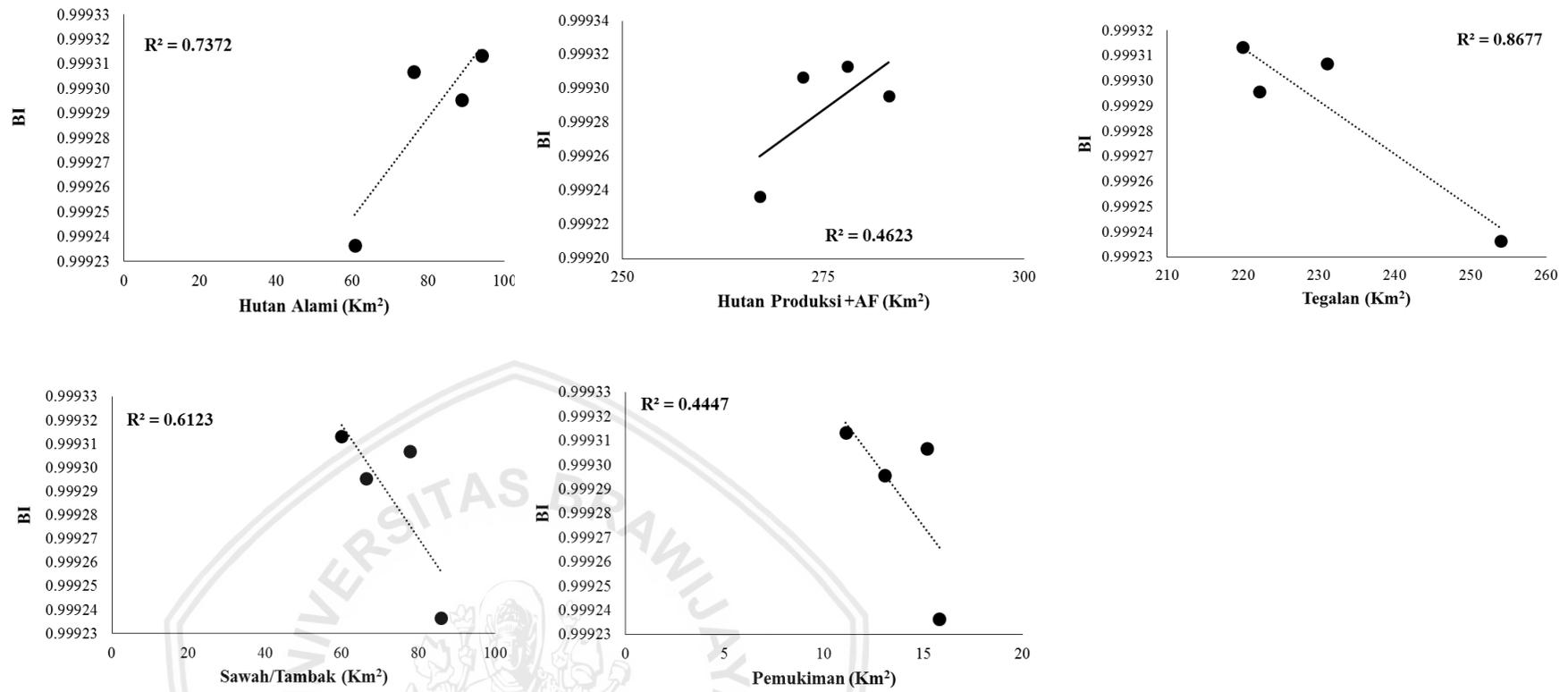
Gambar 10. Hubungan Total Debit Per Unit Hujan (TWY) Pada masing-masing penggunaan lahan (a) hutan alami, (b) hutan produksi + AF, (c) tegalan, (d) sawah, (e) pemukiman.

c. Indikator Penyangga Relatif

Indikator penyangga relatif (RBI) merupakan nilai yang menggambarkan hubungan antara kejadian puncak aliran sungai dengan puncak kejadian hujan relatif. Nilai RBI berhubungan dengan kondisi biofisik DAS salah satunya adalah penggunaan lahan. Hubungan nilai indikator penyangga relatif (RBI) dengan penggunaan lahan tersebut ditunjukkan pada gambar 13.

Penggunaan lahan sawah, tegalan, dan pemukiman merupakan penggunaan lahan yang berpengaruh terhadap besarnya nilai RBI. Meningkatnya luasan penggunaan lahan tersebut mengakibatkan meningkatnya nilai RBI dari tahun ke tahun dan mempengaruhi kemampuan lahan dalam menyangga puncak kejadian hujan relatif sehingga dapat meningkatkan laju aliran permukaan. Kondisi fisik sawah, tegalan, dan pemukiman dimana kurangnya tutupan lahan dalam menahan air hujan yang menyebabkan naiknya limpasan permukaan sehingga air akan langsung terbuang kesungai dan mengakibatkan kenaikan debit pada sungai.

Dalam penelitian Permatasari *et al.*, (2017) menyebutkan bahwa penggunaan lahan dapat mempengaruhi fungsi hidrologi DAS terutama berpengaruh pada nilai limpasan dan *baseflow*. Penggunaan lahan akibat aktifitas manusia seperti sawah, tegalan, dan perumahan memberikan kontribusi besar terhadap terjadinya limpasan permukaan sehingga dapat menyebabkan peningkatan debit sungai.



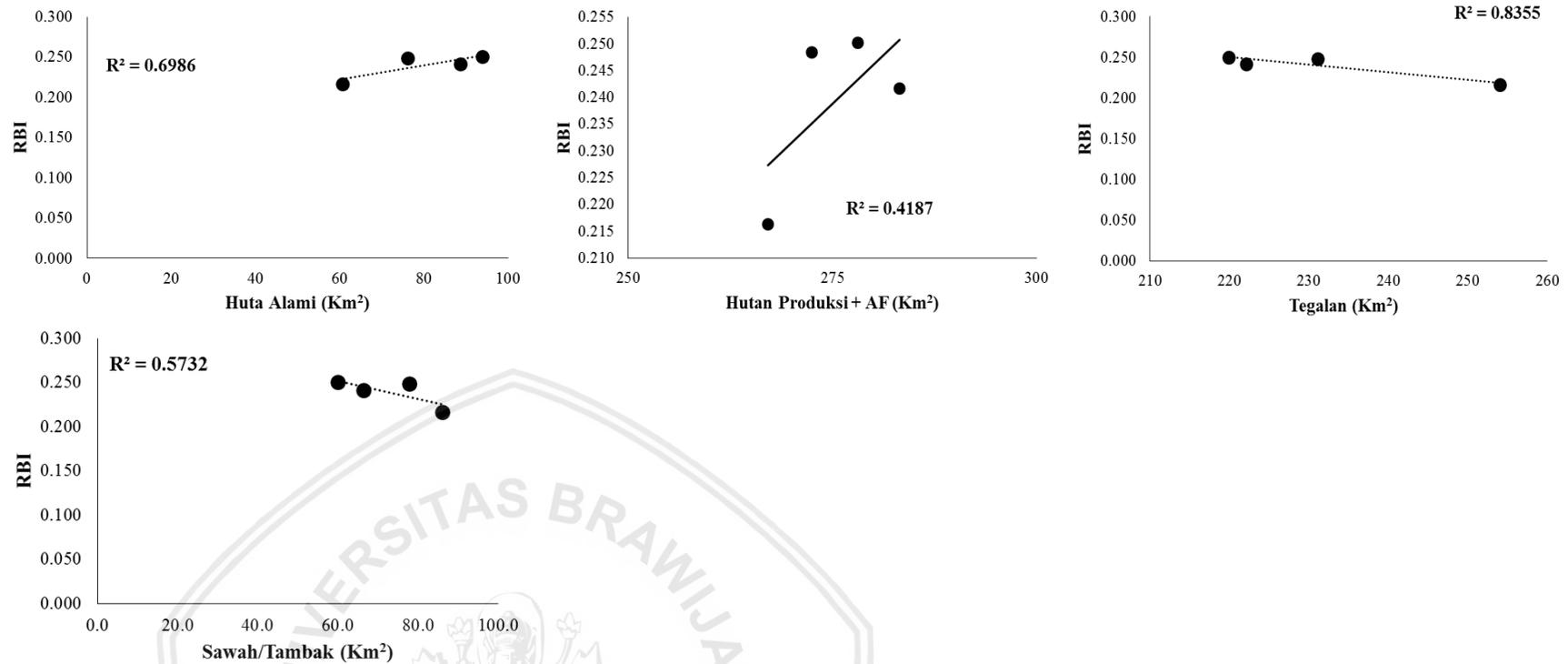
Gambar 11. Hubungan Indikator Penyangga (BI) pada masing-masing penggunaan lahan (a) Hutan Alami, (b) Hutan Produksi + AF , (c) Tegalan, (d) Sawah, (e) Pemukiman.

d. Indikator Penyangga Puncak Kejadian Hujan (BPE)

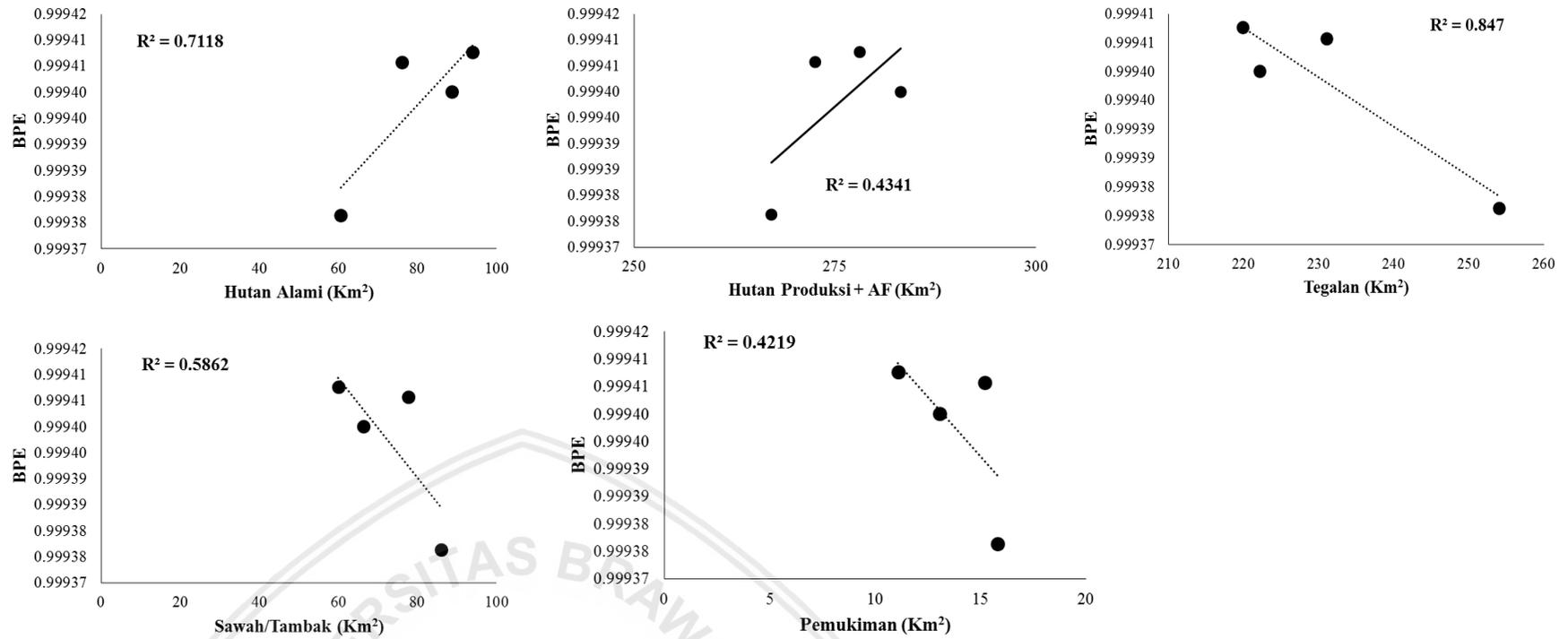
Indikator penyangga puncak kejadian hujan (BPE) merupakan sebuah indikator hidrologi untuk mengetahui kemampuan daerah aliran sungai dalam menyangga puncak kejadian hujan tertinggi. Nilai BPE tersebut menggambarkan kemampuan lahan DAS dalam menyangga hujan tertinggi dan dikaitkan dengan kejadian banjir. Besar kecilnya nilai BPE dapat dipengaruhi adanya berkurangnya dan bertambahnya luasan penggunaan lahan.

Pada Gambar 14, dapat dilihat hubungan bahwa semakin besar luasan hutan alami maupun produksi maka nilai dari BPE akan besar. Hal tersebut dikarenakan fungsi hutan yang dapat menahan air hujan dengan baik sehingga air tidak langsung terlimpas ke sungai. Dimana air hujan akan tersimpan saat musim hujan dan akan dikeluarkan pada musim kemarau. Kemampuan lahan hutan dalam menjaga fungsi tanah dalam menginfiltrasi air hujan. Menurut Hairiah *et al.*, (2004) tanah hutan memiliki lapisan seresah tebal, bahan organik tanah, dan makroporositas yang cukup tinggi sehingga mampu meningkatkan laju infiltrasi dibandingkan dengan lahan pertanian.

Hal tersebut juga sesuai dengan pernyataan Asdak (2007) bahwa hutan alami maupun produksi merupakan salah satu faktor penting biofisik penggunaan lahan dalam menurunkan laju limpasan dan mampu meningkatkan kemampuan lahan DAS dalam menyangga puncak hujan tertinggi dan mampu menahan debit puncak sehingga tidak terjadi banjir.



Gambar 12. Hubungan Indikator Penyangga Relatif (RBI) pada masing-masing penggunaan lahan (a) Hutan Alami, (b) Hutan Produksi + AF, (c) Tegalan, (d) Sawah, (e) Pemukiman

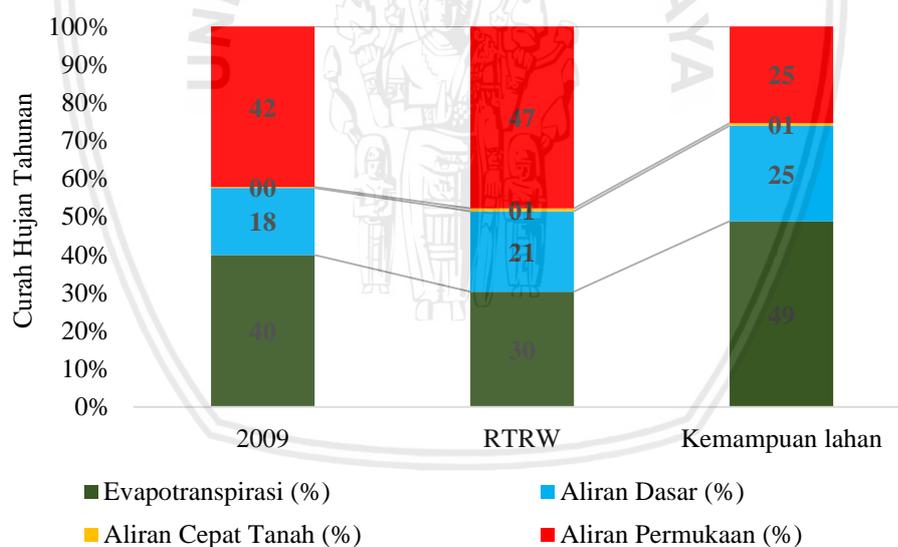


Gambar 13. Hubungan Indikator penyangga puncak kejadian hujan (BPE) dengan penggunaan lahan. (a) Hutan alami, (b) Hutan produksi + AF, (c) Tegalan, (d) Sawah, (e) Pemukiman.

4.7 Hubungan Pengaturan Tutupan Lahan berdasarkan RTRW dan Kelas Kemampuan Lahan terhadap Indikator dan Kriteria Hidrologi DAS Rejoso

Fungsi daerah aliran sungai dapat dipengaruhi oleh kondisi biofisik DAS. Perubahan penggunaan lahan yang terjadi di daerah aliran sungai merupakan salah satu komponen dalam biofisik DAS. Perubahan penggunaan yang terjadi di wilayah daerah aliran sungai berkaitan dengan berkurangnya tutupan lahan atau vegetasi yang mempengaruhi daya serap tanah terhadap curah hujan yang turun.

Kondisi yang terjadi terhadap fungsi daerah aliran sungai DAS Rejoso dapat di lihat berdasarkan indikator yang terjadi pada hasil simulasi beberapa skenario yaitu perubahan penggunaan lahan pada tahun 2009, rencana tata ruang wilayah, dan kelas kemampuan lahan (Lampiran 12). Pengaruh perubahan tutupan lahan tahun 2009 menjadi tutupan lahan berdasarkan rencana tata ruang wilayah (RTRW) dan kelas kemampuan lahan (KKL) kaitannya dengan neraca air pada daerah aliran sungai disajikan pada Gambar 14.



Gambar 14. Neraca air DAS pada beberapa skenario perubahan penggunaan lahan.

Berdasarkan hasil perhitungan neraca air diketahui bahwa terlihat pada Gambar 15 pada skenario RTRW memiliki nilai yang tinggi dengan nilai 47.4 % air terbuang menjadi aliran sungai. Dibandingkan dengan nilai neraca air pada skenario RTRW, nilai neraca air yang paling bagus adalah pada skenario kelas kemampuan lahan. Dari total curah hujan yang turun, pada skenario kelas kemampuan lahan air hujan yang terkonversi menjadi aliran sungai sebesar 25,4 % dan 25% dari total curah

hujan tersimpan menjadi sumber air. Berdasarkan hasil neraca air dapat diketahui bahwa semakin rendah kondisi biofisik seperti penggunaan lahan dan tutupan lahan maka nilai neraca air akan semakin buruk. Maka apabila nilai neraca air baik kondisi daerah aliran sungai dapat dikatakan sehat. Dalam penelitian Noordwijk *et al.*, (2004) dikatakan bahwa kenaikan nilai debit pada daerah aliran sungai dapat dipengaruhi oleh adanya perubahan penggunaan lahan dan tutupan lahan.

Penurunan nilai indikator kesehatan DAS tersebut indikator bahwa kondisi kesehatan dan fungsi DAS Rejoso mengalami penurunan. Penurunan kualitas neraca air DAS dapat terjadi dikarenakan adanya perubahan penggunaan lahan dan berkurangnya tutupan lahan sehingga saat terjadi hujan, debit pada DAS rejoso akan mengalami kenaikan. Berkurangnya tutupan lahan menjadi sawah, tegalan, dan pemukiman dapat menyebabkan terjadinya limpasan permukaan sehingga dapat menaikkan nilai debit sungai. Pernyataan ini didukung oleh Coe *et al.*, (2009) bahwa perubahan penggunaan lahan menjadi pemukiman dapat mempengaruhi nilai debit sungai. Berkurangnya tutupan lahan akibat adanya perubahan penggunaan lahan tersebut merupakan faktor terjadinya kenaikan debit sungai DAS Rejoso. Seperti pada penelitian Nugrahanto *et al.*, (2018) perubahan tata guna lahan dan berkurangnya tutupan lahan seperti hutan akan menyebabkan terjadinya kenaikan nilai debit sehingga mempengaruhi daya penyangga DAS terhadap curah hujan yang masuk.

Dari simulasi skenario-skenario yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa kondisi hidrologi DAS Rejoso terbaik dapat diraih apabila dalam pelaksanaan tata ruang wilayah dalam DAS ini mengacu pada Kelas Kemampuan Lahannya.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Perubahan penggunaan lahan merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kondisi hidrologi bentang lahan DAS Rejoso. Perubahan penggunaan lahan yang terjadi pada kisaran tahun 2005-2009 berpengaruh terhadap penurunan fungsi DAS Rejoso, yang dicerminkan dengan perubahan neraca air serta perubahan berbagai kriteria dan indikator DAS.

Penerapan tutupan lahan lahan berdasarkan RTRW Kabupaten Pasuruan menyebabkan terganggunya neraca air. Secara umum nilai debit sungai mengalami kenaikan yang cukup tinggi dibandingkan dengan penggunaan lahan pada tahun 2009. Peningkatan debit disebabkan oleh tingginya limpasan permukaan yang terjadi. Sementara itu, simulasi tutupan lahan berdasarkan Kelas Kemampuan Lahan memiliki proporsi neraca air lebih baik dibandingkan dengan RTRW dan penggunaan lahan pada tahun 2009 khususnya dalam target untuk menurunkan limpasan permukaan dan meningkatkan debit dasar aliran sungai.

5.2 Saran

Dalam upaya penyusunan rencana tata guna lahan hendaknya pemerintah melakukan kajian terlebih dahulu terkait dengan dampaknya terhadap perubahan hidrologi kawasan DAS. Model *GenRiver* merupakan salah satu model yang dapat digunakan untuk membantu proses kajian tersebut. Dengan dilakukannya kajian tersebut diharapkan agar tercipta kondisi DAS yang sehat baik bagi masyarakat maupun bagi lingkungannya.

DAFTAR PUSTAKA

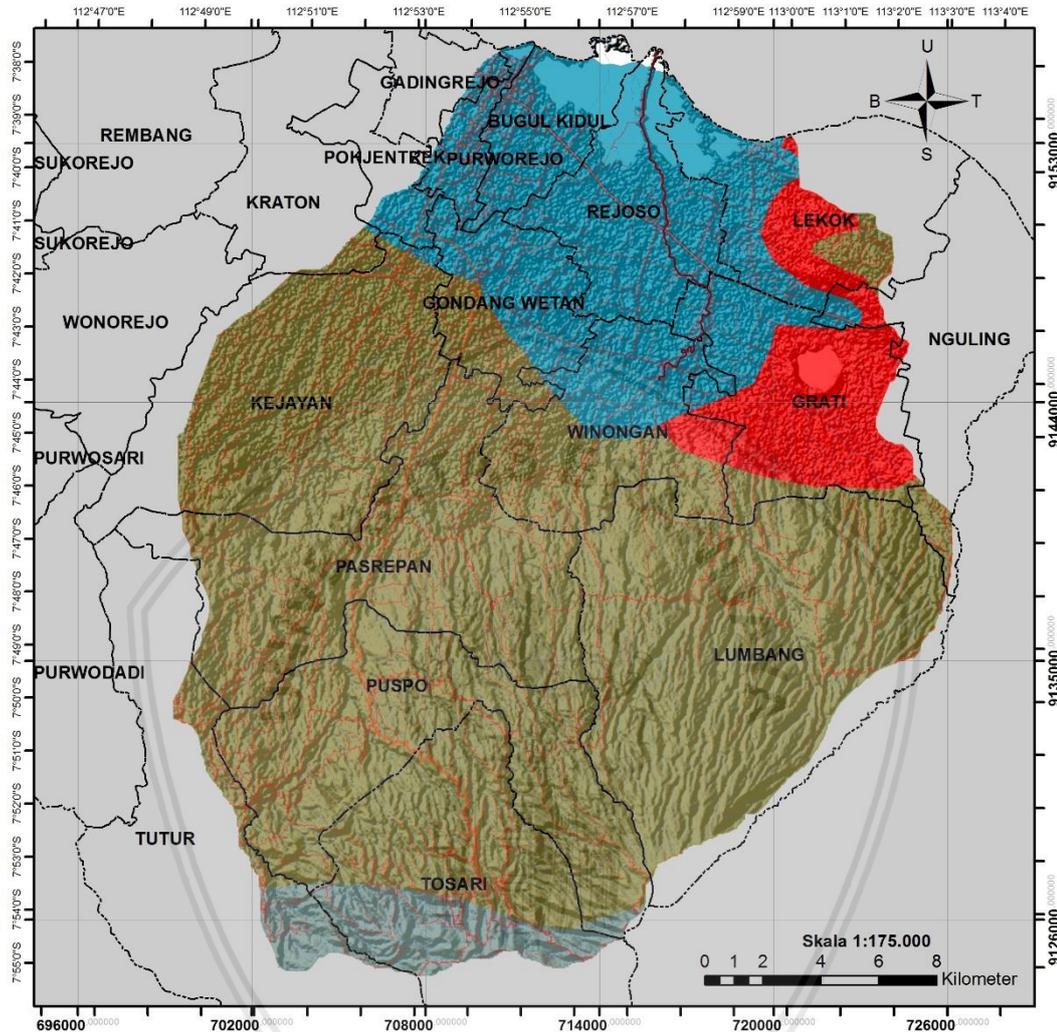
- Adman, B. 2012. *Potensi Jenis Pohon Lokal Cepat Tumbuh Untuk Pemulihan Lingkungan Lahan Pascatambang Batubara*. Tesis. Semarang
- Amaruzaman S, Khasanah N, Tanika L, Dwiyantri E, Lusiana B, Leimona B, Janudianto. 2017. *Perubahan Guna Lahan dan Karakteristik Kerentanan Masyarakat di DAS Rejoso*. Report. Bogor, Indonesia: World Agroforestry Centre (ICRAF) Southeast Asia Regional Program.
- Arifin, A. M. 2008. *Kajian Persepsi Masyarakat untuk Perencanaan Tata Ruang Berbasis Daerah Airan Sungai (Studi Kasus DAS Ciliwung Bagian Hulu di Kecamatan Cisarua, Kabupaten Bogor)*. Skripsi. Bogor: Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.
- Arsyad, S. 2000. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor : Penerbit IPB.
- Asdak, C. 2002. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta. Gadjah Mada University Press.
- Astutik, K. P., Suprayogo, D., Priyono. 2014. *Faktor Dominan Pengendali Limpasan Permukaan dan Erosi Tanah Pada Skala Petak Lahan di DAS Kali Konto*. Tesis. Universitas Brawijaya.
- Coe M. T., Costa MH, Filho BS. 2009. *The Influence of Historical and Potential Future Deforestation on The Stream Flow of The Amazon River-Land Processes and Atmospheric Feedbacks*. J Hydrol. 369: 165-174.
- Barus, B. 1999. *Pemetaan Bahaya Longsoran Berdasarkan Klasifikasi Statistik Peubah Tunggal Menggunakan SIG Studi Kasus Daerah Ciawi-Puncak-Pacet Jawa Barat*. Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan 2:7-16 Jurusan Ilmu Tanah, In Press
- Handayani, I. dan Yonky I. 2011. *Analisis Hubungan Curah Hujan dan Debit Sub DAS Ngatabaru, Sulawesi Tengah*. Balai Penelitian Kehutanan Ciamis. Ciamis.
- Ismail, A. 2009. *Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Karakteristik Hidrologi Daerah Tangkapan Air Waduk Darma, Kabupaten Kuningan, Jawa Barat*. Tesis. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Indonesia. Depok.
- Kodoatie, R. J dan Sjarief, R. 2010. *Tata Ruang Air*. Andi. Yogyakarta
- Kartiwa, B. R., E. Adi, S.H., Heryani. N, dan Sutrisno, N. 2005. *Sistem Informasi Hidrologi untuk Pengelolaan Sumber Daya Air DAS Citarum dalam Pasandaran, E., Pawitan, H. and Amien, I. eds.: Sistem Informasi Sumberdaya Iklim dan Air*. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. Bogor.
- Lillesand, T. M and R.W Kiefer. 1979. *Remote Sensing And Image Interpretation*. University Of Minesota – University Of Wisconsin : Madison

- Lusiana B, Rudi W, Elok M, Dudi AN, dan Meine van Noordwijk. 2008. *Kajian Kondisi Hidrologi DAS Talau, Kabupaten Belu, Nusa Tenggara Timur*. World Agroforestry Center. Bogor.
- Mahmud, J. H, Susanto S. 2009. *Penilaian Status Daerah Aliran Sungai (Studi Kasus Sub DAS Serang)*. Yogyakarta. Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gajahmada. Vol 29
- Maryanto A, Kukuh M, dan Latif MR. 2014. *Perencanaan Penggunaan Lahan dan Pengaruhnya Terhadap Sumberdaya Air di DAS Way Besai-Lampung*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Menteri Kehutanan Republik Indonesia. 2009. *Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.39 Tentang Pedoman Penyusunan Rencana Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Terpadu*. Jakarta. Kementerian Kehutanan.
- Nugrahanto E. B, Rahardyan NA, Agung BS, Nunung PN. 2018. *Pengaruh Presentase Penutupan Hutan Terhadap Debit Puncak Sub Daerah Aliran Sungai Hutan Alam Kabupaten Tanah Laut*. Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengelolaan DAS. Surakarta.
- Pemerintah Daerah Kabupaten Pasuruan. 2010. *Peraturan Daerah Kabupaten Pasuruan No. 12 Tahun 2010 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Pasuruan Tahun 2009-2029*. Pasuruan
- Pemerintah Republik Indonesia. 2007. *Undang-Undang Republik Indonesia No. 26 Tahun 2007 Tentang Penataan Ruang*. Jakarta.
- Prahasta, E. 2009. *Sistem Informasi Geografis Konsep-Konsep Dasar (Prespektif Geodesi dan Geomatika)*. Bandung : Informatika.
- Puntodewo A, Dewi S, Tarigan J. 2003. *Sistem Informasi Geografis: Untuk Pengelolaan Sumber Daya Alam*. Bogor. CIFOR.
- Purnoto, A. 2007. *Analisis Indikator Kualitatif Fungsi Hidrologi Akibat Alih Guna Lahan DAS Ciliwung Hulu*. [Skripsi]. Bogor: Fakultas Matematika dan Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor.
- Purwadhi. 2008. *Pengantar Interpretasi Citra Penginderaan Jauh*. LAPAN – Jurusan Geografi Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Saridewi T. R, Hadi S, Fauzi A, Rusastra I. W. 2014. *Penataan Ruang Daerah Aliran Sungai Ciliwung dengan Pendekatan Kelembagaan dalam Perspektif Pemantapan Pengelolaan Usaha Tani*. Bogor. Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Sinukaban, N. 2000. *Analysis of Watershed Function Sediment Transfer Across Various Type of Filter Strips*. South East Asia Policy Research Working Paper No 7. World Agroforestry Centre (ICRAF-SEA), Bogor, Indonesia
- Supangat, A. B. 2008. *Pengaruh berbagai Penggunaan Lahan Terhadap Kualitas Air Sungai di Kawasan Hutan Pinus di Gombong, Kebumen, Jawa Tengah*. Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam.

- Suparmoko. 2000. *Ekonomika Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. Edisi 2. Yogyakarta: BPFE, Yogyakarta. Yogyakarta
- Suripin, I. 2004. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Andi. Yogyakarta.
- Utomo, A. P, Sudarto, dan Didik Suprayogo. 2014. *Estimasi Sebaran Daerah Rawan Banjir Bandang Sub Daerah Aliran Sungai Sumber Brantas Kota Batu : Aplikasi Model GenRiver dan Sistem Informasi Geografis*. Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Malang.
- Van Noordwijk, M., Farida, A., Verbist, B. dan T, Tomich. 2003. *Agroforestry and Watershed Functions of Tropical Land Use Mosaics. In Proceeding 2nd Asia Pacific Training Workshop on Ecology*. Cibinong, July 21 – 26 July, 2003
- Van Noordwijk, M. dan Farida. 2004. *Analisis Debit Sungai Akibat Alih Guna Lahan dan Aplikasi Model Gen River pada DAS Way Besai, Sumberjaya*. World Agroforestry Centre-ICRAF SE Asia. Bogor.
- Wijaya, K. 2011. *Dampak Perubahan Penggunaan Lahan di DAS Gung Hulu Terhadap Debit Sungai Gung Kabupaten Tegal*. Skripsi. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Wijaya, N. 2015. *Deteksi Perubahan Penggunaan Lahan dengan Citra Landsat dan Sistem Informasi Geografis : Studi Kasus di Wilayah Metropolitan Bandung, Indonesia*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Zahroni, F, Indarto, Novita, E. 2014. *Studi Pendahuluan Pemisahan Baseflow: Studi Kasus 6 Metode RDF (Recursive Digital Filter) di Wilayah UPT PSDA Pasuruan, Jawa Timur*. Teknologi Pertanian, 1 (1): 1-6.

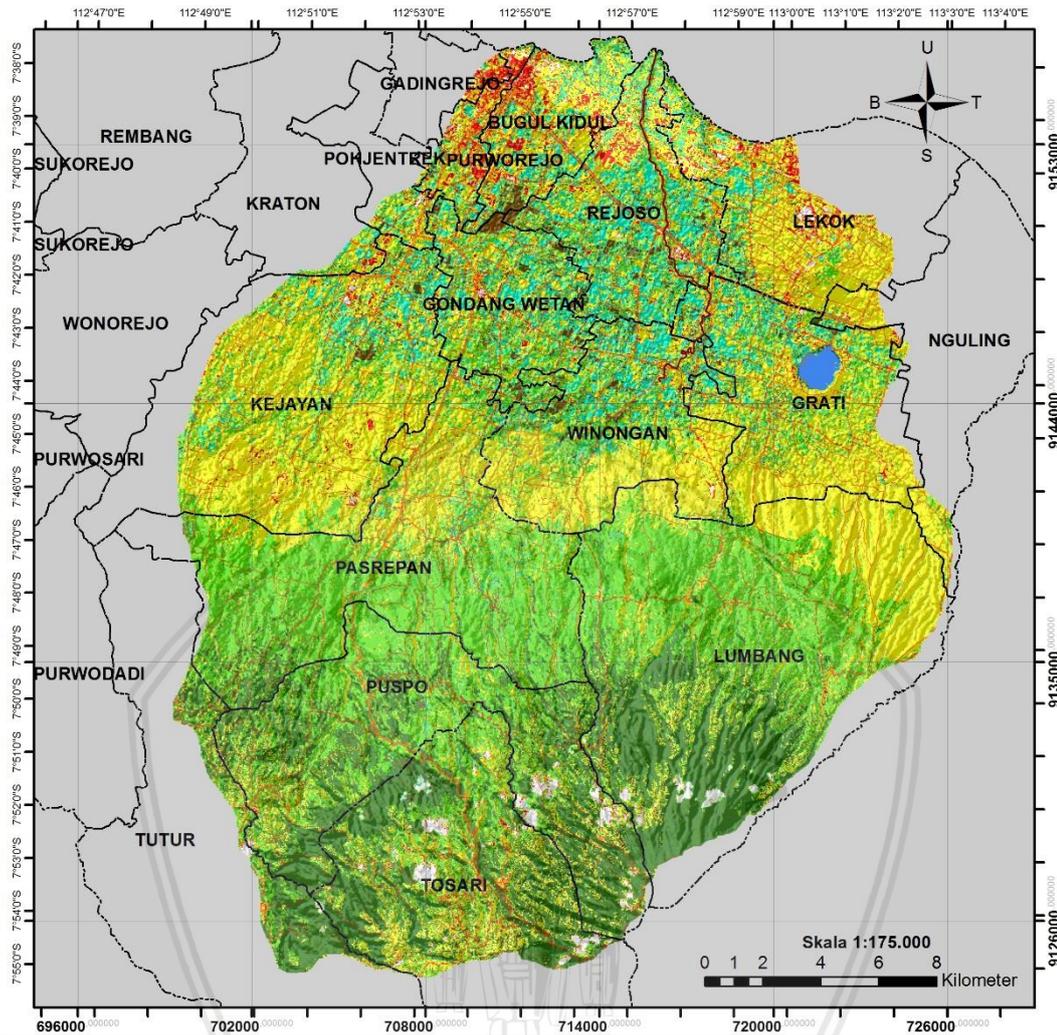
LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta jenis tanah DAS Rejoso



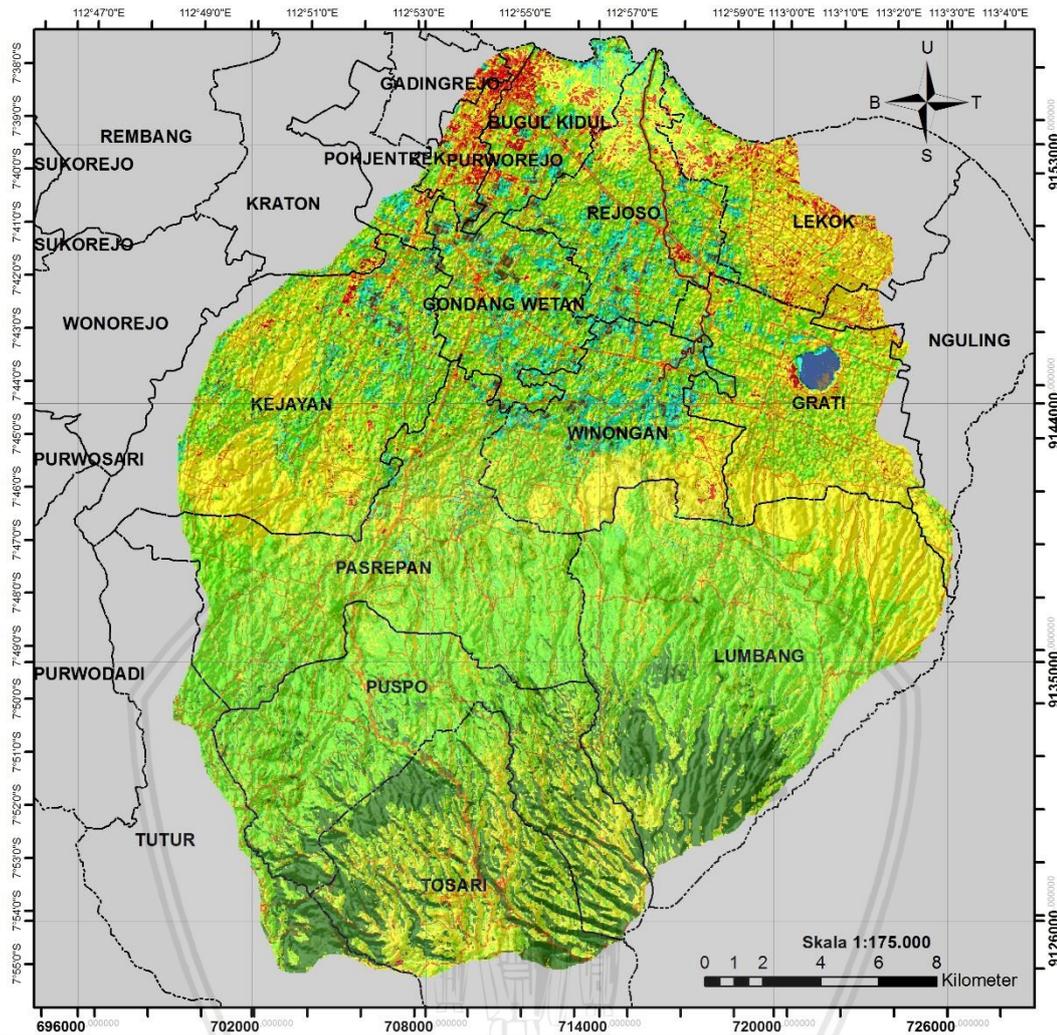
PETA JENIS TANAH DAS REJOSO, PASURUAN			
<p>Sumber</p> <ul style="list-style-type: none"> -Peta Tanah BPTKP DAS Kota Surakarta -Peta Administrasi Kabupaten Pasuruan 	<p>Legenda</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="border: none;"> <p>----- Batas Kecamatan</p> <p>----- Batas Kabupaten</p> <p>Jalan</p> <p>— Jalan Tol</p> <p>— Jalan Kolektor</p> <p>— Jalan Lain</p> <p>— Jalan Lokal</p> <p>— Jalan Setapak</p> <p>Sungai</p> <p>— Alur Sungai</p> <p>— Sungai</p> <p>— Sungai Satu Garis</p> </td> <td style="border: none; vertical-align: top;"> <p>Keterangan</p> <p>■ Alfisol</p> <p>■ Andisol</p> <p>■ Entisol</p> <p>■ Inceptisol</p> </td> </tr> </table>	<p>----- Batas Kecamatan</p> <p>----- Batas Kabupaten</p> <p>Jalan</p> <p>— Jalan Tol</p> <p>— Jalan Kolektor</p> <p>— Jalan Lain</p> <p>— Jalan Lokal</p> <p>— Jalan Setapak</p> <p>Sungai</p> <p>— Alur Sungai</p> <p>— Sungai</p> <p>— Sungai Satu Garis</p>	<p>Keterangan</p> <p>■ Alfisol</p> <p>■ Andisol</p> <p>■ Entisol</p> <p>■ Inceptisol</p>
<p>----- Batas Kecamatan</p> <p>----- Batas Kabupaten</p> <p>Jalan</p> <p>— Jalan Tol</p> <p>— Jalan Kolektor</p> <p>— Jalan Lain</p> <p>— Jalan Lokal</p> <p>— Jalan Setapak</p> <p>Sungai</p> <p>— Alur Sungai</p> <p>— Sungai</p> <p>— Sungai Satu Garis</p>	<p>Keterangan</p> <p>■ Alfisol</p> <p>■ Andisol</p> <p>■ Entisol</p> <p>■ Inceptisol</p>		
<p>Oleh :</p> <p>Atanasius Ragilia Fendhi Dhulkamay 135040201111331</p>			
<p>JURUSAN TANAH MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN UNIVERSITAS BRAWIJAYA</p>			

Lampiran 2 a. Peta penggunaan lahan DAS Rejoso tahun 2005



PETA PENGGUNAAN LAHAN 2005 DAS REJOSO, PASURUAN	
Sumber -Citra Landsat 7 tahun 2005 -Peta Administrasi Kabupaten Pasuruan	
Oleh : Atanasius Ragilia Fendhi Dhulkamay 135040201111331	
JURUSAN TANAH MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN UNIVERSITAS BRAWIJAYA	
	
Legenda	
- - - - - Batas Kecamatan - - - - - Batas Kabupaten Jalan — Jalan Tol — Jalan Kolektor — Jalan Lain - - - - - Jalan Lokal - - - - - Jalan Setapak Sungai — Alur Sungai — Sungai — Sungai Satu Garis	2005 ■ Hutan Alami ■ Hutan Produksi ■ Perkebunan/AF ■ Tegalan ■ Sawah ■ Pemukiman ■ No Data ■ Danau

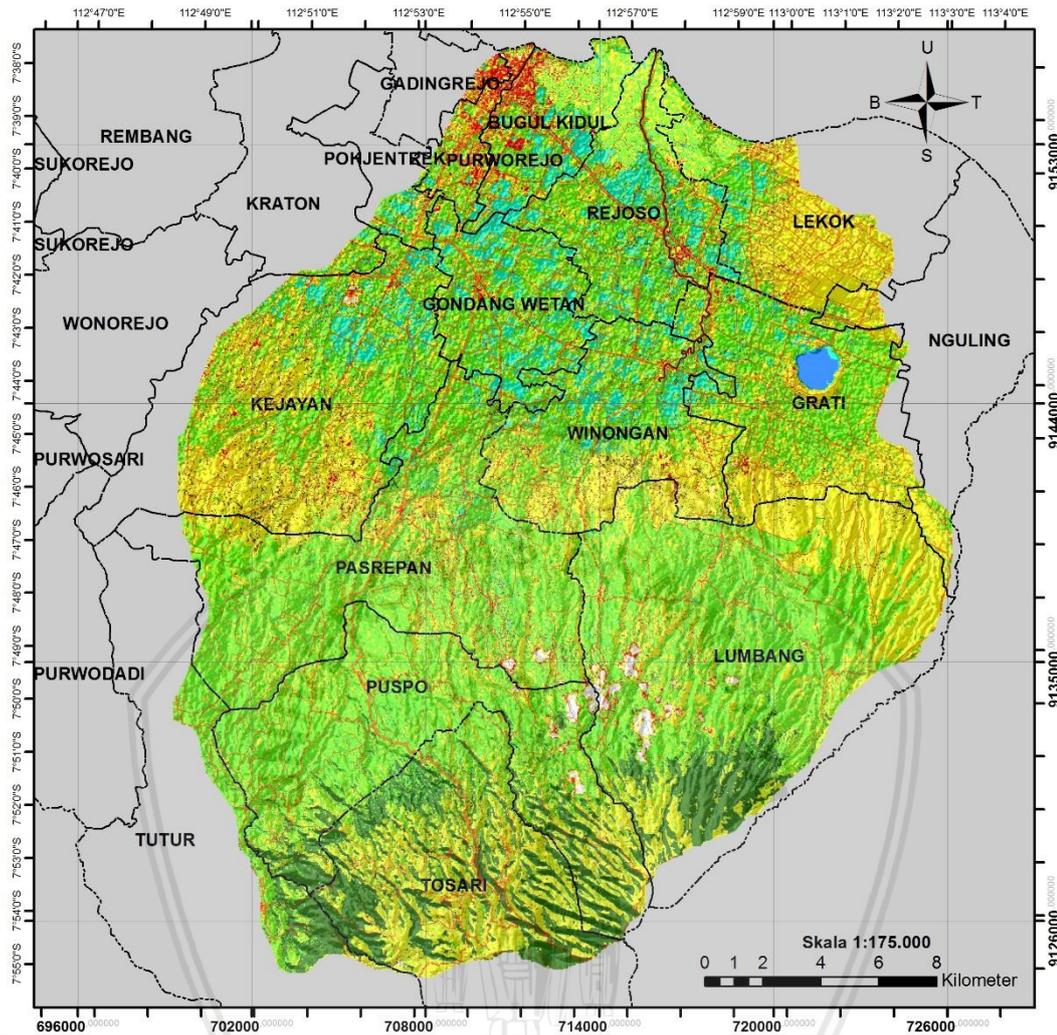
Lampiran 2 b. Peta penggunaan lahan DAS Rejoso tahun 2006



PETA PENGGUNAAN LAHAN 2006 DAS REJOSO, PASURUAN	
Sumber -Citra Landsat 7 tahun 2006 -Peta Administrasi Kabupaten Pasuruan	
Oleh : Atanasius Ragilia Fendhi Dhulkamay 135040201111331	
JURUSAN TANAH MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN UNIVERSITAS BRAWIJAYA	
	
Legenda	
----- Batas Kecamatan	 Hutan Alami
----- Batas Kabupaten	 Hutan Produksi
Jalan	 Tegalan
 Jalan Tol	 Sawah
 Jalan Kolektor	 Perkebunan/AF
 Jalan Lain	 Pemukiman
 Jalan Lokal	 Badan Air
 Jalan Setapak	
Sungai	
 Alur Sungai	
 Sungai	
 Sungai Satu Garis	

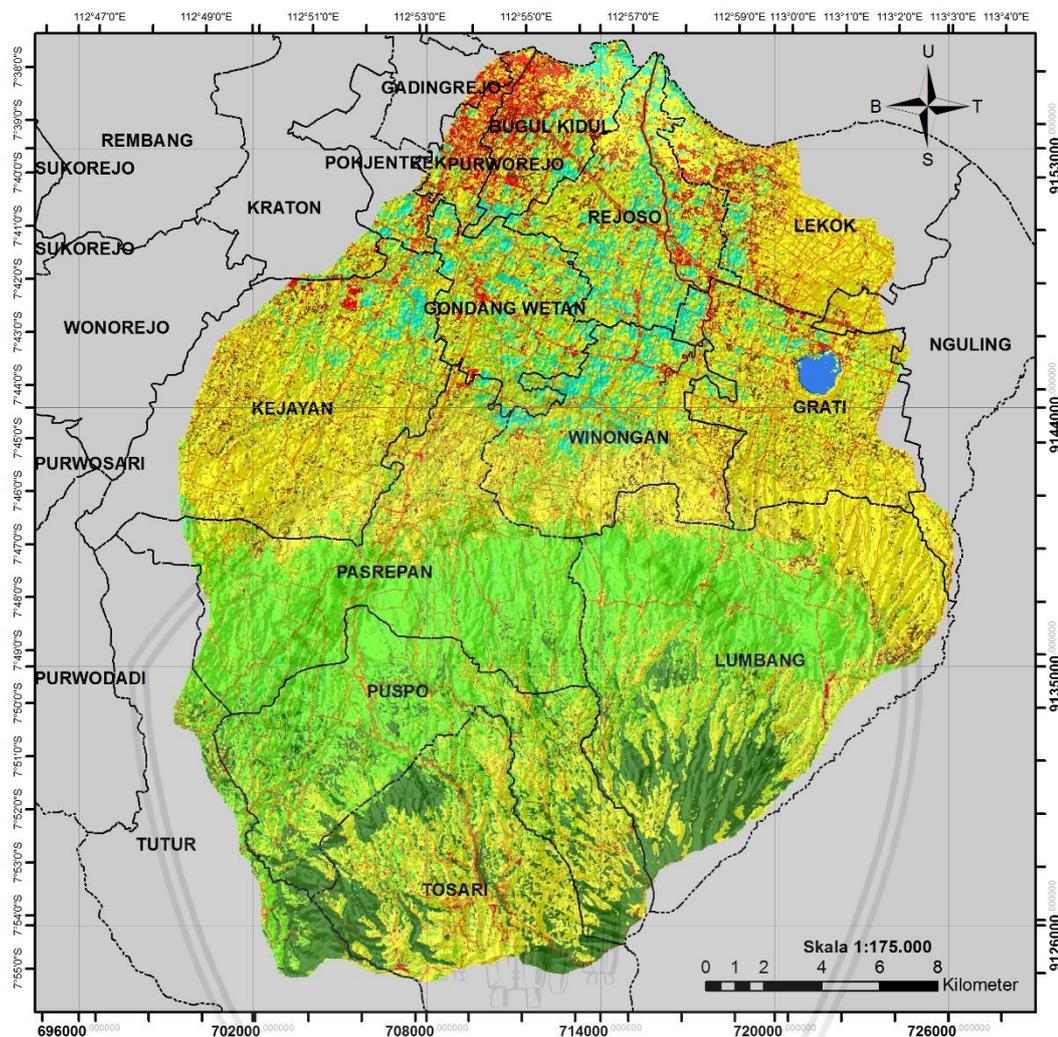


Lampiran 2.c. Peta penggunaan lahan DAS Rejoso 2008



PETA PENGGUNAAN LAHAN 2008 DAS REJOSO, PASURUAN	
Sumber -Citra Landsat 7 tahun 2008 -Peta Administrasi Kabupaten Pasuruan	
Oleh : Atanasius Ragilia Fendhi Dhulkamay 135040201111331	
JURUSAN TANAH MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN UNIVERSITAS BRAWIJAYA	
	
Legenda	
- - - - - Batas Kecamatan 2008 - - - - - Batas Kabupaten	
Jalan — Jalan Tol — Jalan Kolektor — Jalan Lain - - - - - Jalan Lokal - - - - - Jalan Setapak	
Sungai — Alur Sungai — Sungai — Sungai Satu Garis	
■ Hutan Alami ■ Hutan Produksi ■ Tegalan ■ Sawah ■ Perkebunan/AF ■ Pemukiman ■ No Data ■ Danau	

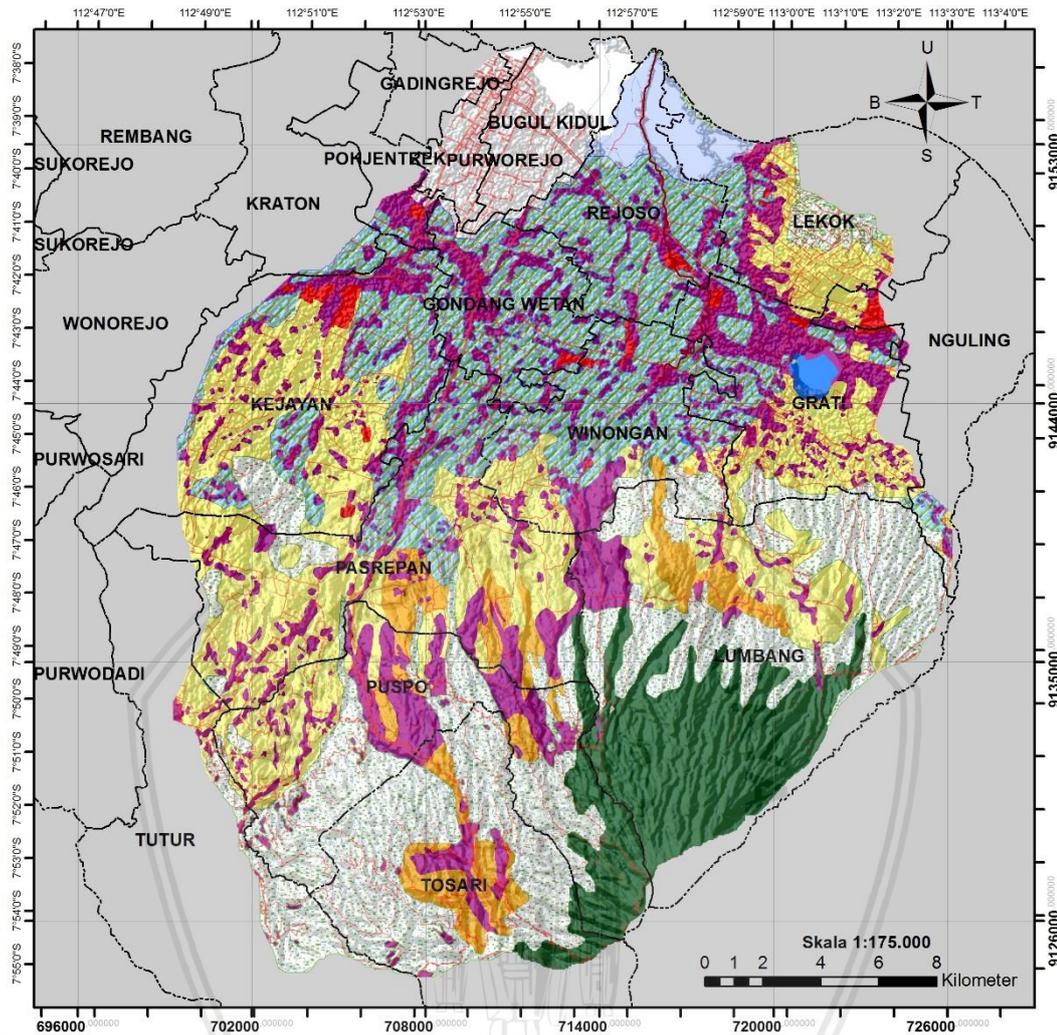
Lampiran 2.d. Peta penggunaan lahan DAS Rejoso tahun 2009



PETA PENGGUNAAN LAHAN 2009 DAS REJOSO, PASURUAN	
Sumber -Citra Landsat 7 tahun 2009 -Peta Administrasi Kabupaten Pasuruan	
Oleh : Atanasius Ragilia Fendhi Dhulkamay 135040201111331	
JURUSAN TANAH MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN UNIVERSITAS BRAWIJAYA	
Legenda	
- - - - - Batas Kecamatan - - - - - Batas Kabupaten Jalan — Jalan Tol — Jalan Kolektor — Jalan Lain - - - - - Jalan Lokal - - - - - Jalan Setapak Sungai — Alur Sungai — Sungai — Sungai Satu Garis	Keterangan Hutan Alami Hutan Produksi Pemukiman Perkebunan/AF Sawah/Tambak Tegalan Badan Air



Lampiran 3. Peta rencana tata ruang dan wilayah DAS Rejoso tahun 2009-2029.



PETA RENCANA TATA RUANG & WILAYAH DAS REJOSO, PASURUAN	
Sumber -Peta RTRW Kabupaten Pasuruan 2009-2029 -Peta Administrasi Kabupaten Pasuruan	
Oleh : Atanasius Ragilia Fendhi Dhulkamay 135040201111331	
JURUSAN TANAH MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN UNIVERSITAS BRAWIJAYA	
Legenda	
- - - - - Batas Kecamatan - - - - - Batas Kabupaten Jalan — Jalan Tol — Jalan Kolektor — Jalan Lain - - - - - Jalan Lokal - - - - - Jalan Setapak Sungai — Alur Sungai — Sungai — Sungai Satu Garis	Keterangan  Budidaya Air Payau  Danau  Hutan Lindung  Hutan Produksi  Kawasan Hutan Bakau  Kawasan Industri  Kawasan Pemukiman  Kawasan Perkebunan  Perkotaan  Pertanian Lahan Basah  Pertanian Lahan Kering

. Lampiran 4 a.Data luas penggunaan lahan dan laju perubahan penggunaan lahan DAS Rejoso.

Penggunaan Lahan	2005		2006		2008		2009		Land use (%)	Laju Perubahan/th (%)
	Luas (km ²)	Presentase								
Hutan Alami	93.9	15.2	88.7	14.4	76.1	12.4	60.6	9.8	-5.4	-1.4
Hutan Produksi	196.3	31.8	195.5	31.7	181.6	29.5	164.3	26.7	-5.2	-1.3
Tegalan	219.9	35.7	222.1	36.0	231.1	37.5	254.0	41.2	5.5	1.4
Sawah/Tambak	60.0	9.7	66.4	10.8	77.8	12.6	85.9	13.9	4.2	1.1
Perkebunan/AF	27.2	4.4	29.2	4.7	30.3	4.9	34.3	5.6	1.1	0.3
Pemukiman	11.1	1.8	13.1	2.1	15.2	2.5	15.8	2.6	0.8	0.2
Badan Air	1.4	0.2	1.4	0.2	1.4	0.2	1.4	0.2	0.0	0.0
No Data	6.5	1.1	0.0	0.0	2.9	0.5	0.0	0.0	-1.1	-0.3
TOTAL	616.4	100.0	616.4	100.0	616.4	100.0	616.4	100.0		

Lampiran 4.b. Data Penggunaan lahan

Penggunaan Lahan	Presentase (%)						Luas (Km ²)					
	2005	2006	2008	2009	RTRW	KKL	2005	2006	2008	2009	RTRW	KKL
Hutan Alami	15.2	14.4	12.4	9.8	10.1	33.1	93.9	88.7	76.1	60.6	62.4	204.3
Hutan Produksi	31.8	31.7	29.5	26.7	21.8	22.2	196.3	195.5	181.6	164.3	134.6	136.7
Tegalan	35.7	36.0	37.5	41.2	20.5	14.1	219.9	222.1	231.1	254.0	126.4	87.2
Sawah/Tambak	9.7	10.8	12.6	13.9	19.3	5.2	60.0	66.4	77.8	85.9	118.8	32.2
Perkebunan/AF	4.4	4.7	4.9	5.6	4.2	23.9	27.2	29.2	30.3	34.3	26.1	147.3
Pemukiman	1.8	2.1	2.5	2.6	23.7	1.1	11.1	13.1	15.2	15.8	146.1	6.7
Badan Air	0.2	0.2	0.2	0.2	2.0	0.3	1.4	1.4	1.4	1.4	2.0	2.0
No Data	1.1	0.0	0.5	0.0	0.0	0	6.5	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0

Lampiran 5. Data luas jenis tanah Kabupaten Pasuruan

Jenis Tanah	Luas km2	Presentase (%)
Alfisol	42.564	6.91
Andisol	27.556	4.47
Inceptisol	416.538	67.58
Entisol	129.726	21.05
Jumlah	616.384	100.00



Lampiran 6. Data curah hujan bulanan DAS Rejoso (mm)

Bulan	Tahun			
	2005	2006	2008	2009
Jan	238.7	368.3	330.4	347.7
Feb	239.7	301.0	345.0	321.1
Mar	303.8	309.0	390.9	188.1
Apr	201.1	145.1	116.2	73.1
Mei	3.3	152.8	9.8	226.1
Jun	81.2	3.8	0.0	29.1
Jul	31.9	0.0	0.0	5.1
Agu	2.4	0.0	0.0	0.0
Sep	3.9	0.0	8.8	16.9
Okt	54.1	0.0	84.7	0.0
Nov	83.8	24.7	194.5	89.5
Des	429.2	295.4	296.9	171.8
Total	1673.0	1600.1	1777.3	1468.6

Lampiran 7. Data total curah hujan DAS Rejoso. (mm)

Curah Hujan		Potential evapotranspirasi		
Total Bulan	Rata rata harian	Bulan	Total Bulanan	Rata-rata harian
<i>321</i>	10.36	Jan	99.18	3.20
<i>302</i>	10.78	Feb	100.68	3.60
<i>298</i>	9.61	Mar	102.17	3.30
<i>134</i>	4.46	Apr	104.09	3.47
<i>98</i>	3.16	May	103.67	3.34
<i>29</i>	0.95	Jun	100.78	3.36
<i>9</i>	0.30	Jul	97.51	3.15
<i>1</i>	0.02	Aug	97.00	3.13
<i>7</i>	0.25	Sep	98.66	3.29
<i>35</i>	1.12	Oct	98.73	3.18
<i>98</i>	3.27	Nov	99.31	3.31
<i>298</i>	9.62	Dec	99.78	3.22
1630	4.47	Total	1201.57	3.29

Lampiran 8. Data Debit Bulanan DAS Rejoso ($\text{m}^3 \text{ detik}^{-1}$)

Bulan	Tahun			
	2005	2006	2008	2009
Januari	271.3	520.3	306.3	412.0
Februari	258.4	507.4	350.2	364.1
Maret	293.7	521.4	253.7	393.9
April	269.5	440.7	232.6	318.1
Mei	257.2	309.3	236.5	291.3
Juni	291.9	288.8	239.6	295.6
Juli	251.5	392.0	270.0	240.3
Agustus	211.9	364.2	269.7	211.7
September	203.1	343.0	278.0	215.0
Oktober	213.0	325.8	282.4	224.4
November	280.6	343.9	362.2	232.2
Desember	368.1	383.3	355.0	254.5

Lampiran 9. Data kedalaman tanah berdasarkan jenis tanah.

Soil type	Typical soil depth (cm)	Depth of top soil (cm)			
		at start of simulation	at first transition point	at second transition point	at end of simulation
Alfisols	147.1	25.0	25.0	25.0	25.0
Andisols	171.0	25.0	25.0	25.0	25.0
Aridisols	110.0	25.0	25.0	25.0	25.0
Entisols	170.0	25.0	25.0	25.0	25.0
Inceptisols	170.0	25.0	25.0	25.0	25.0
Mollisols	165.0	25.0	25.0	25.0	25.0
Oxisols	320.0	25.0	25.0	25.0	25.0
Spodosols	142.5	25.0	25.0	25.0	25.0
Ultisols	180.0	25.0	25.0	25.0	25.0
Vertisols	198.0	25.0	25.0	25.0	25.0
Rata-rata	177.4	25.0	25.0	25.0	25.0

Lampiran 10. Data tutupan lahan dan potensial evapotranspirasi harian

Land cover type	Potential Interception (mm day ⁻¹)	Relative Drought Threshold	BD/BD ref	Multiplier of Daily Potential Evapotranspiration											
				Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Sun coffee	1.00	0.55	1.08	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Shrub and grass	3.00	0.60	1.07	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
No data	0.00	0.00	0.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Forest	5.00	0.40	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Shadow	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Simple shade	2.00	0.55	1.00	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Multistrata	3.00	0.60	1.00	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Cloud	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Holticulture	1.00	0.70	1.07	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.70	0.30	0.50	0.50	0.50	0.80
Ricefield	1.00	0.90	1.10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Settlement	0.05	0.01	1.30	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

Lampiran 11. Data suhu Kabupaten Pasuruan

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
Suhu Rata-rata	27	27	27.3	27.7	27.7	27.3	27.1	27.1	27.5	28.1	27.9	27.5
Suhu Minimum	23.2	23.1	23.3	23.5	23.4	22.7	22.4	22.1	22.3	23	23.3	23.3
Suhu Maksimum	30.9	30.9	31.4	31.9	32.1	32	31.8	32.2	32.8	33.2	32.6	31.8

Lampiran 12. Data neraca air DAS rejosolo hasil model *GenRiver*

Parameter	Skenario					
	2005	2006	2008	2009	RTRW	Kemampuan lahan
Curah Hujan (mm)	1608.6					
Evapotranspirasi (%)	43.6	42.8	43.2	40.0	30.1	48.8
Aliran Sungai (%)	56.4	57.3	56.8	60.1	69.3	51.3
Aliran Dasar (%)	20.0	19.5	20.0	17.6	21.0	25.1
Aliran Cepat Tanah (%)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.8	0.7
Aliran Permukaan (%)	36.1	37.5	36.6	42.2	47.4	25.4

Lampiran 13. Data indikator kesehatan DAS hasil model *GenRiver*

Tahun	Hutan Alami	Hutan Produksi	Tegalan	Sawah/Tambak	Perkebunan/AF	Pemukiman	TWY	BI	RBI	BPE
2005	93.9	250.8	219.9	60.0	27.2	11.1	0.000916	0.99931	0.250	0.99941
2006	88.7	254.0	222.1	66.4	29.2	13.1	0.000929	0.99930	0.242	0.99940
2008	76.1	242.2	231.1	77.8	30.3	15.2	0.000922	0.99931	0.248	0.99941
2009	60.6	232.8	254.0	85.9	34.3	15.8	0.000974	0.99924	0.216	0.99938

