

ANALISIS KARAKTERISTIK BIOGEOFISIK DAN DEBIT SUNGAI LOMPO RIAJA ATAS DAN SUNGAI LOMPO RIAJA BAWAH, SUB DAS RALLA

(Analysis of Biogeophysics Characteristics and Discharge of Lompo Riaja Atas River and Lompo Riaja Bawah River, Ralla Sub Watershed)

Usman Arsyad¹, Beta Putranto¹, Nur Aeni¹, Wahyudi Isnan^{2*}, dan Hasnawir^{1,2}

¹Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin

Jl. Perintis Kemerdekaan Km 10 Makassar, Sulawesi Selatan, 90153, Indonesia

²Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan Makassar

Jl. Perintis Kemerdekaan Km 16 Makassar, Sulawesi Selatan, 90243, Indonesia

Article Info

Article History:

Received 18 September 2018; received in revised form 23 January 2019; accepted 31 January 2019.

Available online since 29 March 2019

Kata Kunci:

Karakteristik biogeofisik, debit, Sungai Lompo Riaja, sub DAS Ralla

Keywords:

Biogeophysical characteristics, discharge, Lompo Riaja river, Ralla sub watershed

ABSTRAK

Karakteristik biogeofisik daerah aliran sungai (DAS) memiliki peranan penting sebagai penentu jumlah debit sungai pada DAS. Berbagai permasalahan DAS, antara lain banjir dan kekeringan berhubungan dengan debit sungai membutuhkan suatu data dan informasi yang penting dalam menentukan rencana pengelolaan DAS yang lebih baik. Isu banjir dan kekeringan menjadi salah satu isu penting di sub DAS Ralla, Provinsi Sulawesi Selatan. Penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan keadaan karakteristik biogeofisik dan debit Sungai Lompo Riaja Atas dan Sungai Lompo Riaja Bawah di sub DAS Ralla, DAS Lisu. Penelitian ini dilakukan pada bulan November 2016 sampai dengan Agustus 2017. Pengumpulan data primer dilakukan melalui pengukuran debit sungai dan curah hujan selama 34 hari pengamatan. Data sekunder berupa data geologi dari lembaran Geologi Ujung Pandang 1982, data kemiringan dari Aster DEM, tipe data tanah dari RePPPProt 1987, data tutupan lahan dari google earth image tahun 2015. Data penelitian dianalisis dengan menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sungai Lompo Riaja Atas dan Lompo Riaja Bawah memiliki fluktuasi debit yang relatif sama, meskipun memiliki jumlah debit yang berbeda. Debit sungai pada kedua sungai lebih banyak dipengaruhi oleh curah hujan dibandingkan dengan kondisi biogeofisik seperti geologi, topografi, jenis tanah, luas DAS, bentuk DAS, panjang sungai dan ordo, gradien sungai, pola aliran, kerapatan aliran, dan penutupan lahan.

ABSTRACT

The biogeophysical characteristics of watersheds have an important role as a determinant of the river discharge amount in the watershed. Various watershed problems such as flood and drought related to river discharge require data and information. The importance of this data and information will determine a better watershed management plan. The issue of flooding and drought are the important issues in Ralla sub watershed, South Sulawesi Province. This study aims to describe the biogeophysical characteristics and the discharge of Lompo Riaja Atas and Lompo Riaja Bawah Rivers in Ralla sub watershed, Lisu Watershed. This research was conducted in from November 2016 to August 2017. Primary data collection was done through river discharge and precipitation measurements during 34 days of observation. Secondary data obtained from government or related agencies such as geological data obtained from Geological map of the Ujung Pandang sheet 1982, the slope data from Aster DEM, land type from RePPPProt 1987, land cover data from google earth image 2015. A quantitative descriptive method was used to analyze the data obtained. The results showed that the Lompo Riaja Atas and Lompo Riaja Bawah rivers have relatively similar discharge fluctuation, although they have a different amount of discharge. River discharge of both rivers is more influenced by rainfall compared to biogeophysical conditions such as geology, topography, soil type, watershed area, watershed shape, river length and order, gradient, flow pattern, flow density, and land cover.

* Corresponding author. Tel: +62411 554049, Fax: +62411 554058
E-mail address: yudix_19@yahoo.com (W. Isnan)

I. PENDAHULUAN

Bencana alam dan manusia merupakan penyebab utama gangguan pada ekosistem DAS (Nasrullah & Kartiwa, 2009). Banjir dan kekeringan adalah bencana yang kerap mengancam masyarakat sehingga mengganggu pemanfaatan sumberdaya hutan, tanah dan air. Banjir yang terjadi, baik frekuensi, intensitas, lamanya dan luas genangan terus meningkat kendati telah banyak program pengendalian banjir dilakukan (Rosyidie, 2013). Sekalipun pengendalian bencana, baik banjir maupun kekeringan dapat dilakukan dengan teknologi, namun keutamaan informasi karakteristik biogeofisik DAS tidak dapat diabaikan karena memiliki peranan penting sebagai penentu jumlah debit sungai pada DAS (Mogollón *et al.*, 2016).

Dalam upaya menjaga keberlanjutan pemanfaatan sumberdaya alam, maka DAS sebagai unit perencanaan sumberdaya alam menjadi sangat penting (Soegiyanto, 2014). Informasi mengenai karakteristik suatu DAS dapat dijadikan landasan utama dalam pengelolaan suatu DAS. Tujuan utama pengelolaan DAS adalah untuk menghasilkan debit air yang stabil (Bach *et al.*, 2011; Mander & Tournebize, 2014). Tinggi rendahnya fluktuasi debit sangat bergantung pada semua komponen-komponen penyusun DAS seperti air, vegetasi, tanah dan manusia (Arsyad, 2010). Untuk mengetahui dinamika debit, perlu kajian karakteristik biofisik suatu DAS yang meliputi morfometri, morfologi, penutupan lahan dan curah hujan dalam DAS. Salah satu karakteristik biofisik DAS adalah penutupan lahan. Peranan penutupan lahan sangat penting dalam menentukan jumlah debit sungai yang dihasilkan. Dinamika lahan secara kualitas dan kuantitas, baik penggunaan maupun penutupan lahan mengakibatkan perubahan pada hasil air dalam DAS (Basuki *et al.*, 2017; Nugroho *et al.*, 2013; Quyen *et al.*, 2014; Sun *et al.*, 2017; Muchtar & Abdullah, 2007). Lebih lanjut penutupan lahan merupakan faktor penting yang memengaruhi tanah longsor yang dipicu oleh intensitas curah hujan tinggi (Hasnawir *et al.*, 2017).

Sub DAS Ralla berada dalam DAS Lisu yang luasnya sekitar $\frac{3}{4}$ termasuk dalam wilayah Kabupaten Barru, sehingga mempunyai kontribusi penting dalam mengatur tata air bagi Kabupaten Barru (Aeni, 2017). Sub DAS Ralla berada di Kecamatan Tanete Riaja Kabupaten Barru kerap menghadapi masalah banjir yang

dapat merendam pemukiman dan lahan pertanian masyarakat. Untuk mengatasi hal tersebut dibutuhkan pengetahuan tentang karakteristik biofisik dan fluktuasi debit. Informasi tentang karakteristik biofisik dan fluktuasi debit dalam DAS dapat dijadikan informasi dasar dalam perencanaan pengelolaan DAS. Data dan informasi tentang kuantifikasi karakteristik biogeofisik dan debit Sungai Lompo Riaja Atas dan Sungai Lompo Riaja Bawah sampai saat ini belum ada. Padahal informasi tersebut sangat diperlukan sebagai landasan pengambilan keputusan dalam pengelolaan DAS yang lebih baik. Penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan keadaan karakteristik biogeofisik dan fluktuasi debit di Sungai Lompo Riaja Atas dan Sungai Lompo Riaja Bawah sub DAS Ralla, DAS Lisu, Provinsi Sulawesi Selatan.

II. METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

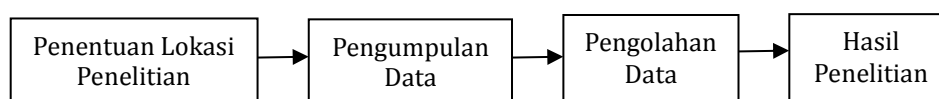
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah GPS (*Global Positioning System*), alat ukur *Current Meter Improved Mappangaja*, tongkat ukur berskala, meteran roll, penakar curah hujan tipe observatorium, tali rafia, *stopwatch*, kalkulator, kamera, alat tulis menulis, seperangkat komputer yang dilengkapi dengan software ArcGIS dan *Microsoft Excel*. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Peta batas DAS yang diperoleh dari Aster DEM, peta penutupan lahan yang diperoleh dari Citra Google Earth tahun 2015, peta kemiringan lereng yang diperoleh dari Aster DEM, peta jenis tanah yang diperoleh dari RePPPProt 1987, dan data curah hujan yang diperoleh dari pengukuran langsung di lapangan.

B. Prosedur Penelitian

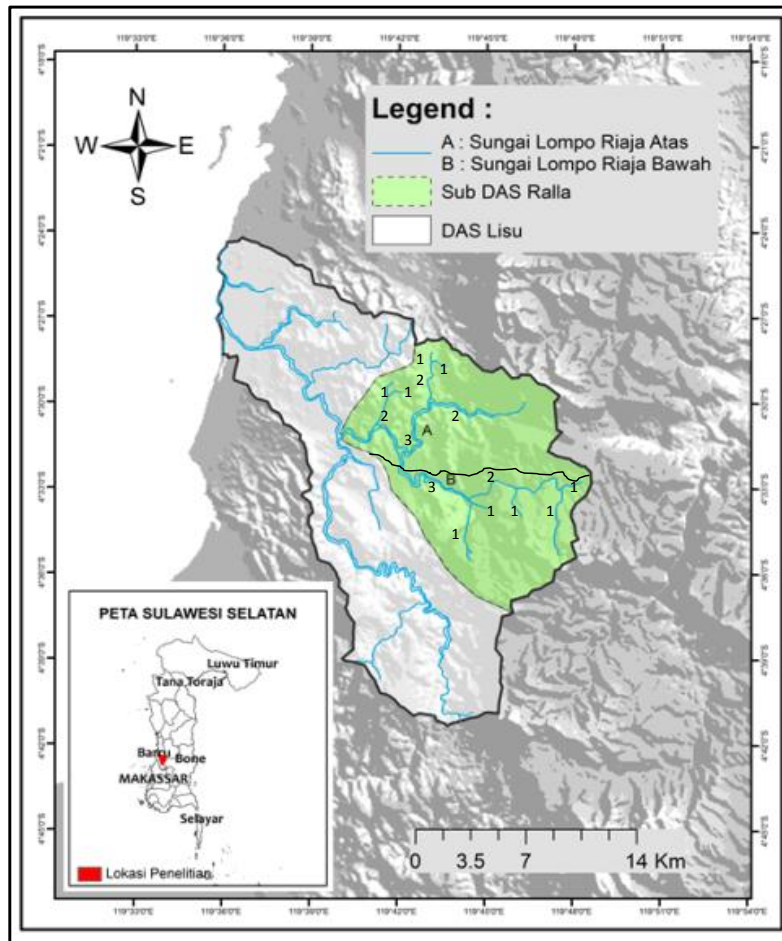
Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan sebagaimana dapat dilihat pada *flowchart* tahapan penelitian di bawah ini (Gambar 1):

1. Penentuan Lokasi Penelitian

Pengukuran debit diawali dengan menentukan lokasi penelitian dengan mendeliniasi batas sub DAS Ralla, DAS Lisu (Gambar 2). Selanjutnya, menganalisis peta kemiringan lereng, peta jenis tanah dan peta penutupan lahan/penggunaan lahan kemudian dipilih dua anak sungai yang merupakan percabangan dari sub DAS Ralla yaitu Sungai



Gambar 1. Flowchart tahapan pelaksanaan penelitian
Figure 1. Flowchart stages of research implementation



Gambar 2. Lokasi penelitian di sub DAS Ralla, DAS Lisu
Figure 2. Study area in Ralla sub watershed, Lisu watershed

Lompo Riaja Atas dan sungai Lompo Riaja Bawah untuk dilakukan pengukuran debit. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2016 sampai dengan Agustus 2017.

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan sebagai berikut:

a. Pengambilan data primer berasal dari data pengamatan langsung di lapangan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1) Pengukuran penampang sungai

Penampang sungai yang diukur adalah penampang basah sungai. Pengukuran kedalaman muka air maksimum (h_{maks}) dengan cara membagi penampang melintang sungai pada setiap jarak satu meter (Gambar 3). Pengukuran kedalaman dengan menggunakan tongkat ukur (tongkat berskala) pada setiap jarak satu meter. Penampang sungai yang paling dalam merupakan kedalaman maksimum (h_{maks}). Luas penampang sungai dihitung dengan persamaan (Asdak, 2010):

$$A = a_1 + a_2 + \dots + a_n \quad (1)$$

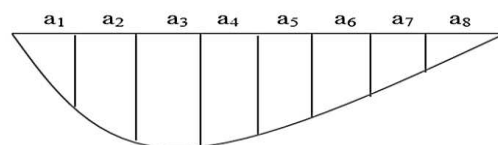
Keterangan:

A = Luas penampang (m^2)

$a_1 + a_2 + \dots + a_n$ = Luas bagian penampang sungai pada jarak ke-i meter

2) Pengukuran debit sungai

Pengukuran debit dilakukan pada beberapa bagian sungai, yaitu pada kedua bagian pinggir dan bagian tengah penampang melintang sungai. Setiap bagian penampang melintang sungai dilakukan pengukuran pada kedalaman yang berbeda, yaitu 20%, 60%, dan 80% dari kedalaman sungai. Selanjutnya dilakukan pengukuran kecepatan aliran air. Alat yang digunakan dalam pengukuran kecepatan air adalah *Improvised Current Meter Mappangaja*.



Gambar 3. Contoh bentuk penampang melintang sungai

Figure 3. Example of a cross section of a river

Pengukuran kecepatan aliran air dilakukan sebanyak tiga kali sehari, yaitu pagi (pukul 08.00), siang (pukul 12.00) dan sore (pukul 16.00).

3) Pengukuran curah hujan

Data curah hujan diambil dari hasil pengukuran setiap hari (satu hari hujan) dengan menggunakan satu penakar curah hujan tipe observatorium. Penakar curah hujan mengikuti (Asdak, 2010) yaitu diletakkan pada tempat dengan permukaan tanah yang landai, tidak terhalang oleh pohon atau punggung gunung yang bergelombang. Data curah hujan diamati setiap pukul 08.00 pagi, sebab pada waktu ini diharapkan belum terjadi penguapan yang bisa memengaruhi jumlah curah hujan yang sebenarnya.

- b. Pengambilan data sekunder berupa data penunjang penelitian diperoleh dari badan pemerintah atau instansi yang terkait yang selanjutnya dianalisis menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG).

3. Pengolahan Data

Besarnya debit sungai (Q) diperoleh dengan rumus (Mappangaja, 1983):

$$Q = \frac{A}{a} \times Qm \quad (2)$$

Keterangan:

Q = Debit sungai (m³/detik)

A = Luas penampang sungai (m²)

a = Luas penampang alat *Improvised Current Meter* Mappangaja (0,000491 m²)

Qm = Debit pada alat *Improvised Current meter* Mappangaja (m³/detik)

Analisis karakteristik biofisik DAS meliputi morfologi, morfometri, penutupan lahan, dan curah hujan (Kementerian Kehutanan, 2013).

- a. Morfologi DAS terdiri atas geologi, topografi, orientasi DAS, dan jenis tanah. Data topografi bersumber dari Aster DEM, data geologi dan jenis tanah diperoleh dari RePProt 1983 kemudian dianalisis dengan analisis SIG. Sedangkan orientasi DAS dideskripsikan dengan mengamati secara visual dari arah aliran sungai.
- b. Morfometri DAS terdiri atas luas DAS, bentuk DAS, jaringan sungai, pola aliran, kerapatan aliran, dan gradien sungai. Luas DAS diketahui dengan analisis SIG dan pola aliran dideskripsikan dengan mengamati secara visual dari peta Rupa Bumi Indonesia. Sedangkan untuk gradien sungai, bentuk DAS, dan kerapatan pengaliran dilakukan dengan menggunakan persamaan matematis sebagai berikut :

- 1) Gradien sungai (Rahayu *et al.*, 2009)

$$Su = \frac{(h_{85} - h_{10})}{0,75 Lb} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

Su = Gradien sungai (%),

h₈₅ = Elevasi pada titik sejauh 85% dari outlet DAS (mdpl),

h₁₀ = Elevasi pada titik sejauh 10% dari outlet DAS (m dpl),

Lb = Panjang sungai utama (m).

- 2) Bentuk DAS (Rahayu *et al.*, 2009)

Bentuk diketahui berdasarkan rumus:

$$Rc = 4\pi A / P^2 \quad (4)$$

Keterangan:

Rc = *Circulation Ratio* (faktor bentuk),

A = Luas DAS (km²),

P = Keliling DAS (km).

Menurut Purwanto (2013):

a) jika nilai Rc > 0,5 maka DAS berbentuk bulat,

b) Rc < 0,5 DAS berbentuk memanjang.

c) Kerapatan pengaliran (Rahayu *et al.*, 2009)

$$Dd = L/A \quad (5)$$

Keterangan:

Dd = Indeks kerapatan aliran sungai (km/km²),

L = Jumlah panjang sungai termasuk anak-anak sungai (km),

A = Luas DAS (km²).

- c. Penutupan lahan diperoleh dari Citra *Google Earth* Tahun 2015.

- d. Curah hujan diperoleh dari hasil pengukuran setiap hari. Pengambilan data curah hujan dilaksanakan pada pukul 08.00, dan debit sungai pada pukul 08.00, 12.00, dan 16.00, kemudian dianalisis menggunakan regresi linear sederhana. Analisis hubungan antara curah hujan dengan rata-rata debit Sungai Lombo Riaja Atas dan Sungai Lombo Riaja Bawah menggunakan analisis regresi linear dengan debit selaku *variable dependent* dan curah hujan sebagai *variable independent*. Analisis tersebut dibagi kedalam dua bagian yaitu pertama memasukkan semua data curah hujan (n=34) dan kedua hanya memasukkan data terjadi hujan (n=17). Persamaan statistik yang digunakan adalah:

$$Y = a + b X^2 \quad (6)$$

Keterangan:

Y = Debit sungai yang diprediksi,

a = Nilai *intercept* menunjukkan persediaan air,

b = Koefisien regresi, kepekaan DAS terhadap perubahan curah hujan,

X = Nilai curah hujan.

Waktu konsentrasi aliran (T_c) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan matematik (Asdak, 2010):

$$T_c = 0,0195 L^{0,77} S^{-0,385} \quad (7)$$

Keterangan:

- T_c = Waktu konsentrasi (menit atau jam),
- L = Panjang maksimum aliran dari outlet ke hulu DAS,
- h = Beda ketinggian antara outlet dengan lokasi terjauh pada DAS,
- S = Beda ketinggian antara outlet dengan lokasi terjauh pada DAS dibagi panjang maksimum aliran dari outlet ke hulu DAS.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Morfologi DAS

1. Geologi

Berdasarkan data dari Pusat Penelitian dan Pengembangan (Puslitbang) Geologi Lembar Ujung Pandang Tahun 1982 dapat diketahui formasi geologi pada lokasi penelitian seperti pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1 terlihat kedua wilayah tangkapan sungai memiliki perbedaan luas formasi penyusun batuan. Pada wilayah tangkapan sungai Lompo Riaja Atas lebih didominasi oleh formasi penyusun anggota batuan gunung api Camba dan tefrit leusit sebesar 98,50%, sedangkan pada wilayah tangkapan sungai Lompo Riaja Bawah didominasi oleh batuan dengan formasi penyusun tefrit leusit sebesar 86,32%.

2. Topografi

Berdasarkan analisis peta kelas kemiringan lereng diketahui keadaan topografi pada wilayah Sungai Lompo Riaja Atas dan Sungai Lompo Riaja Bawah seperti pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa lereng agak curam, curam dan sangat curam pada

wilayah tangkapan Sungai Lompo Riaja Atas sebesar 54,16%, sedangkan wilayah tangkapan Sungai Lompo Riaja Bawah sebesar 77,97% dari luas totalnya.

3. Jenis Tanah

Berdasarkan peta *land system* RePPPProt 1987 di wilayah tangkapan Sungai Lompo Riaja Atas dan wilayah tangkapan Sungai Lompo Riaja Bawah diketahui jenis tanah yang mendominasi adalah tanah dari sub ordo *dystropepts* dengan potensi kerusakan yang tinggi. Perincian luas setiap jenis tanah di wilayah sungai Lompo Riaja Atas dan wilayah sungai Lompo Riaja Bawah dapat dilihat pada Tabel 3.

4. Orientasi DAS

Berdasarkan hasil pengamatan secara visual, sub DAS Ralla menghadap ke Barat laut. Penentuan ini didasarkan pada arah aliran sungai utama yang dapat dipakai sebagai petunjuk umum orientasi DAS. Orientasi DAS secara normal dinyatakan dalam derajat *Azimuth* atau arah kompas seperti arah utara, timur laut, timur, dan sebagainya.

B. Karakteristik Morfometri DAS

1. Luas DAS

Luas sub DAS Ralla yaitu 7.388,24 ha sedangkan untuk luasan daerah aliran Sungai Lompo Riaja Atas sebesar 3.390,69 ha dan daerah aliran Sungai Lompo Riaja Bawah sebesar 2.973,58 ha. Hasil luasan tersebut diperoleh dengan membuat batas sub DAS Ralla terlebih dahulu. Berdasarkan Peraturan Dirjen BPDAS dan Perhutanan Sosial Nomor. P.3/V-Set/2013 (Kementerian Kehutanan, 2013), luasan DAS tersebut masuk dalam klasifikasi DAS sangat kecil (DAS mikro) yaitu kurang dari 10.000 ha. Semakin kecil luasan suatu DAS maka semakin kecil pula tempat pengumpulan presipitasi pada DAS tersebut begitupun sebaliknya. Berbeda dengan

Tabel 1. Perincian luas formasi geologi di wilayah Sungai Lompo Riaja Atas dan wilayah Sungai Lompo Riaja Bawah

Table 1. Geological wide specifications in the Lompo Riaja Atas and Lompo Riaja Bawah river basin areas

No.	Formasi (Formation)	Penyusun (Compiler)	Wilayah tangkapan Sungai (River basin area) Lompo Riaja Atas		Wilayah tangkapan Sungai (River basin area) Lompo Riaja Bawah	
			Luas (ha)	(%)	Luas (ha)	(%)
1	Anggota Batuan Gunung Api Camba (Member of Camba Volcano Rock)	Extrusive, Felsic, Pyroclastic	1.699,89	50,13	84,23	2,83
2	Formasi Tonasa (Tonasa Formation)	Sediment, Chemical, Limestone	5,13	0,15	107,37	3,61
3	Formasi Camba (Camba Formation)	Sediment, Clastic, Fine	45,74	1,35	215,06	7,23
4	Tefrit Leusit	Extrusive, Intermediate, Lava	1.639,93	48,37	2.566,93	86,32
Total			3.390,69	100,00	2.973,59	100,00

Tabel 2. Kemiringan lereng di wilayah tangkapan Sungai Lompo Riaja Atas dan Wilayah tangkapan Sungai Lompo Riaja Bawah

Table 2. Slopes in the Lompo Riaja Atas and Lompo Riaja Bawah River Basin Areas

No.	Kelas topografi (Topographic class)	Kelas lereng (Slope class)	Sungai (River) Lompo Riaja Atas		Sungai (River) Lompo Riaja Bawah	
			Luas (ha)	(%)	Luas (ha)	(%)
1	Datar (<i>Flat</i>)	0-8	711,11	20,97	153,46	5,16
2	Landai (<i>Ramps</i>)	8 – 15	843,26	24,87	501,78	16,87
3	Agak Curam (<i>Rather Steep</i>)	15 – 25	1.199,51	35,38	1.217,27	40,94
4	Curam (<i>Steep</i>)	25 – 45	635,09	18,73	1.066,50	35,87
5	Sangat Curam (<i>Very Steep</i>)	> 45	1,73	0,05	34,56	1,16
Total			3.390,69	100,00	2.973,58	100,00

fluktuasi debit, maka DAS yang lebih luas memiliki fluktuasi debit lebih persisten daripada DAS yang ukurannya lebih kecil (Hirpa *et al.*, 2010).

2. Bentuk DAS

Berdasarkan hasil perhitungan dengan persamaan *Circulation Ratio (RC)* untuk wilayah Sungai Lompo Riaja Atas memiliki nilai RC sebesar 0,25, sedangkan untuk wilayah Sungai Lompo Riaja Bawah sebesar 0,33. Ini menunjukkan bahwa kedua wilayah sungai memiliki bentuk bulu burung (memanjang). Apabila bentuk DAS memanjang, maka kecepatan aliran lebih lambat daripada bentuk DAS lebar/bulat.

3. Panjang Sungai dan Ordo Sungai

Daerah aliran Sungai Lompo Riaja Atas memiliki 3 tingkat ordo sungai dengan total panjang sungai 17,39 km, sedangkan daerah aliran Sungai Lompo Riaja Bawah hanya 2 tingkat ordo sungai dengan total panjang sungai 12,39 km. Menurut Rahayu *et al.* (2009) orde sungai adalah posisi percabangan alur sungai di dalam urutannya terhadap induk sungai pada suatu DAS. Semakin banyak jumlah orde sungai, semakin luas dan semakin panjang pula alur sungainya.

4. Gradien Sungai

Gradien sungai atau kemiringan sungai merupakan perbandingan beda tinggi antara hulu dengan hilir panjang sungai induk (Purwanto, 2013). Besarnya gradien sungai pada Sungai Lompo Riaja Atas diperoleh sebesar 11,26%, sedangkan Sungai Lompo Riaja Bawah sebesar 11,91%.

5. Pola Aliran

Berdasarkan hasil pengamatan secara visual, wilayah Sungai Lompo Riaja Atas memiliki pola aliran dendritik, sedangkan Sungai Lompo Riaja Bawah memiliki pola aliran paralel.

6. Kerapatan Aliran

Kerapatan aliran sungai diperoleh dengan cara menghitung rasio total panjang jaringan sungai dibagi luas DAS. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh, pada daerah aliran Sungai Lompo Riaja Atas memiliki kerapatan aliran sebesar 0,51 km/km², sedangkan untuk daerah aliran Sungai Lompo Riaja Bawah memiliki kerapatan aliran sebesar 0,41 km/km². Rahayu *et al.* (2009) mengklasifikasikan indeks kerapatan aliran kedua sungai termasuk dalam kerapatan aliran "sedang" dengan kisaran 0,25-10 km/km².

C. Curah Hujan

Curah hujan dengan intensitas yang tinggi dapat memicu terjadi banjir ataupun tanah longsor yang berakibat meningkatkan kerugian ekonomi dan korban jiwa (Sanchez-Castillo *et al.*, 2017). Hasil analisis regresi antara curah hujan dan debit sungai di wilayah Sungai Lompo Riaja Atas dan Sungai Lompo Riaja Bawah dapat dilihat pada Tabel 4. Sungai Lompo Riaja Atas memiliki nilai $R^2 = 0,621$, sedangkan Sungai Lompo Riaja Bawah memiliki nilai $R^2 = 0,616$.

D. Penutupan Lahan

Berdasarkan hasil interpretasi citra *Google Earth* tahun 2015 pada wilayah Sungai Lompo Riaja Atas dan Sungai Lompo Riaja Bawah,

Tabel 3. Jenis tanah di wilayah tangkapan Sungai Lompo Riaja Atas dan wilayah tangkapan Sungai Lompo Riaja Bawah

Table 3. Soil type in Lompo Riaja Atas and Lompo Riaja Bawah Basin River Areas

No.	Ordo (Order)	Sub Ordo (Sub order)	Potensi Kerusakan Tanah (<i>Potential land damage</i>)	Wilayah sungai (<i>Basin river area</i>) Lompo Riaja Atas		Wilayah sungai (<i>Basin river area</i>) Lompo Riaja Bawah	
				Luas (ha)	%	Luas (ha)	%
1.	Inseptisol	Dystropepts	Tinggi (<i>High</i>)	3.386,98	99,89	2.831,49	95,22
2.	Mollisols	Rendolls	Sedang (<i>Medium</i>)	0,31	0,01	142,09	4,78
3.	Inseptisol	Eutropepts	Tinggi (<i>High</i>)	3,40	0,10	-	-
Total				3.390,69	100,00	2.973,58	100,00

Tabel 4. Hubungan antara curah hujan dengan debit sungai di sub DAS Ralla

Table 4. The relationship between rainfall and river discharge in Ralla sub watershed

No.	Nama Sungai (River name)	Persamaan Regresi (Regression equation)	Koefisien Determinasi (Coefficient of determination, R ²)
1.	Sungai Lompo Riaja Atas (Lompo Riaja Atas River)	$Y = 1,057 + 0,002 X^2$	0,621
2.	Sungai Lompo Riaja Bawah (Lompo Riaja Bawah River)	$Y = 0,378 + 0,001 X^2$	0,616

diperoleh hasil klasifikasi penutupan lahan dengan rincian luas seperti pada Tabel 5. Penutupan lahan yang memiliki luas tertinggi pada kedua wilayah sungai adalah persawahan. Wilayah Sungai Lompo Riaja Atas adalah 42,75% dan wilayah Sungai Lompo Riaja Bawah adalah 40,20%. Dari Tabel 5 ini pula menunjukkan bahwa luas tutupan hutan pada kedua wilayah sungai kurang dari 30%.

E. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi aliran (Tc) dihitung dengan persamaan matematik (Arsyad, 2010). Berdasarkan persamaan tersebut diperoleh nilai Tc pada Sungai Lompo Riaja Atas sebesar 65,36 menit, sedangkan Sungai Lompo Riaja Bawah sebesar 45,10 menit. Waktu konsentrasi tersebut menjelaskan bahwa dibutuhkan waktu 65 menit 36 detik curah hujan yang jatuh di daerah hulu untuk sampai ke outlet (titik pengukuran debit sungai) pada Sungai Lompo Riaja Atas, sedangkan Sungai Lompo Riaja Bawah membutuhkan waktu 45 menit 10 detik curah hujan yang jatuh di daerah hulu untuk sampai ke outlet (titik pengukuran debit sungai).

F. Analisis Fluktuasi Debit Sungai

Data fluktuasi debit dua anak Sungai Ralla (sub-sub DAS) yaitu Sungai Lompo Riaja Atas dan Sungai Lompo Riaja Bawah diperoleh melalui pengukuran langsung dan dianalisis dengan menggunakan grafik. Hasil analisis memperlihatkan fluktuasi debit sungai pada pukul 08.00, 12.00, dan 16.00. Grafik pergerakan debit Sungai Lompo Riaja Atas dan Sungai Lompo Riaja

Bawah dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.

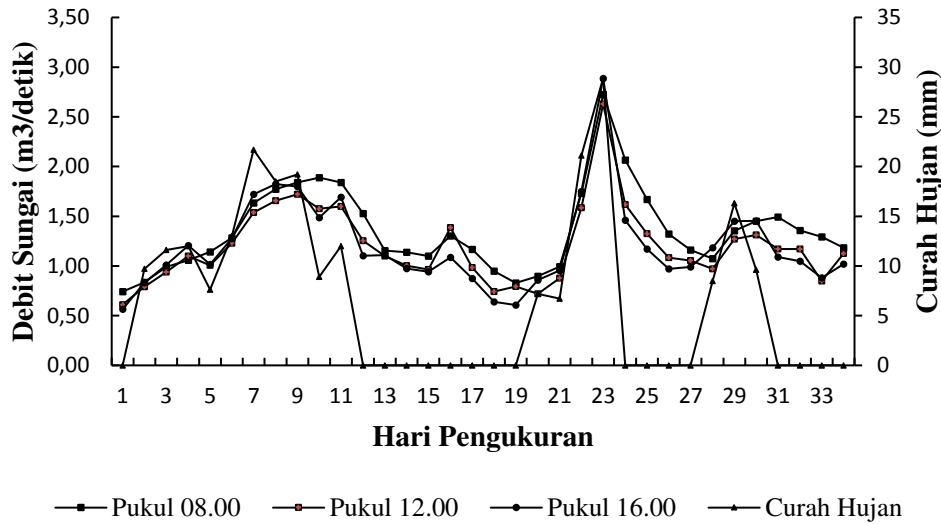
Berdasarkan grafik pergerakan debit sungai pada Gambar 4 dan Gambar 5, terlihat bahwa debit Sungai Lompo Riaja Atas dan Sungai Lompo Riaja Bawah pada pukul 08.00, 12.00, dan 16.00 memiliki pergerakan yang bervariasi. Berdasarkan hasil pengamatan terlihat kecenderungan debit yang menurun dari pukul 08.00 ke pukul 12.00, sedangkan dari pukul 12.00 ke pukul 16.00 meningkat. Jumlah debit air yang menurun ini banyak dipengaruhi oleh rata-rata jumlah curah hujan yang rendah pada pukul 08.00 ke pukul 12.00 dibanding pada pukul 12.00 ke pukul 16.00 yang lebih tinggi. Selain itu penurunan debit air dipengaruhi oleh lamanya penyinaran matahari yang terjadi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Nurtaev (2015) bahwa sinar matahari dapat mempengaruhi penurunan jumlah debit sungai.

Grafik pergerakan debit sungai pada Gambar 4 menunjukkan debit tertinggi Sungai Lompo Riaja Atas selama 34 hari pengamatan terjadi pada hari ke-23 pukul 16.00 sebesar 2,89 m³/detik dan debit terendah pada hari ke-1 pukul 16.00 sebesar 0,56 m³/detik. Untuk Sungai Lompo Riaja Bawah berdasarkan Gambar 5 menunjukkan debit tertinggi terjadi pada hari ke-23 pukul 16.00 sebesar 1,27 m³/detik dan terendah pada hari ke-20 pukul 12.00 sebesar 0,25 m³/detik. Perbedaan debit sungai tersebut disebabkan oleh perbedaan kondisi cuaca. Pergerakan debit sungai ini tidak akan sama pada pengamatan waktu yang berbeda, baik dari jumlah debit air maupun waktu kejadian. Sehingga hal ini tidak dapat dijadikan parameter untuk menduga pergerakan debit air

Tabel 5. Jenis dan Luas Penutupan Lahan di Sungai Lompo Riaja Atas dan Sungai Lompo Riaja Bawah

Table 5. Type of land cover in Lompo Riaja Atas dan Lompo Riaja Bawah River Basin Area

No.	Penutupan Lahan (Land Cover)	Sungai (River) Lompo Riaja Atas		Sungai (River) Lompo Riaja Bawah	
		Luas (ha)	(%)	Luas (ha)	(%)
1.	Hutan Lahan Kering Kerapatan Rendah (Low Density Dryland Forest)	325,34	9,60	651,24	21,90
2.	Hutan Tanaman (Plantation Forest)	190,12	5,61	0	0
3.	Padang Rumput (Grassland)	0	0	77,13	2,59
4.	Permukiman (Settlement)	6,25	0,18	26,58	0,89
5.	Pertanian Lahan Kering (Dryland Farm)	680,93	20,08	643,25	21,63
6.	Sawah (Paddy Field)	1.449,38	42,75	1.195,38	40,20
7.	Semak Belukar (Shrubs)	719,17	21,21	380,00	12,78
8.	Tubuh Air (Water Body)	19,50	0,58	0	0
	Total	3.390,69	100,00	2.973,58	100,00



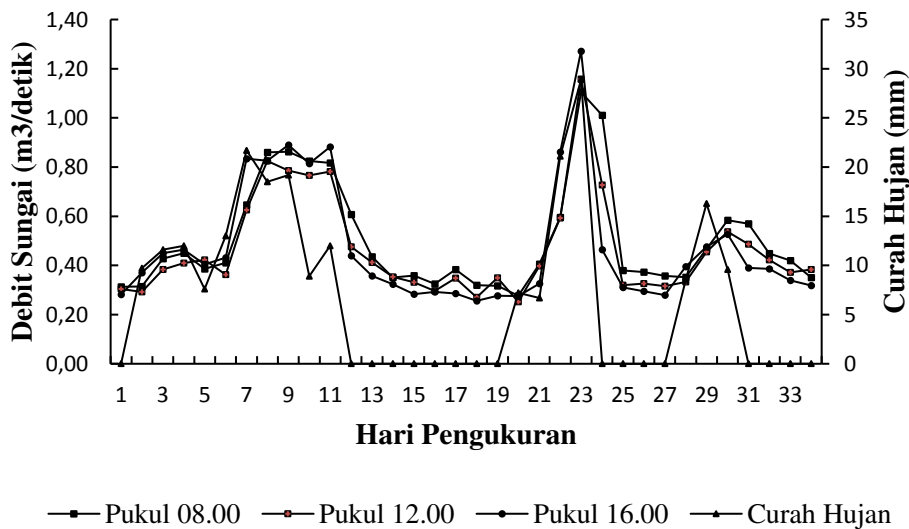
Gambar 4. Grafik pergerakan debit Sungai Lompo Riaja Atas setiap pukul 08.00,12.00, dan 16.00
Figure 4. Graph of Lompo Riaja Atas river discharge movement every 08.00, 12.00, and 16.00

untuk waktu yang akan datang. Pengamatan pada hari ke-23 terjadi hujan hampir sepanjang hari. Hujan yang cukup lama pada hari tersebut menyebabkan tanah menjadi jenuh terhadap air. Kondisi lereng yang umumnya agak curam sampai curam dengan jenis geologi umumnya tefrit leusit, dan jenis tanah umumnya *dystropepts* serta penutupan lahan umumnya sawah mempengaruhi rendahnya kemampuan tanah dalam melakukan infiltrasi sehingga terjadi aliran permukaan dan debit sungai pun meningkat. Kejadian ini sejalan dengan (Marwadi, 2012), bahwa hujan yang terjadi secara terus menerus dapat menyebabkan

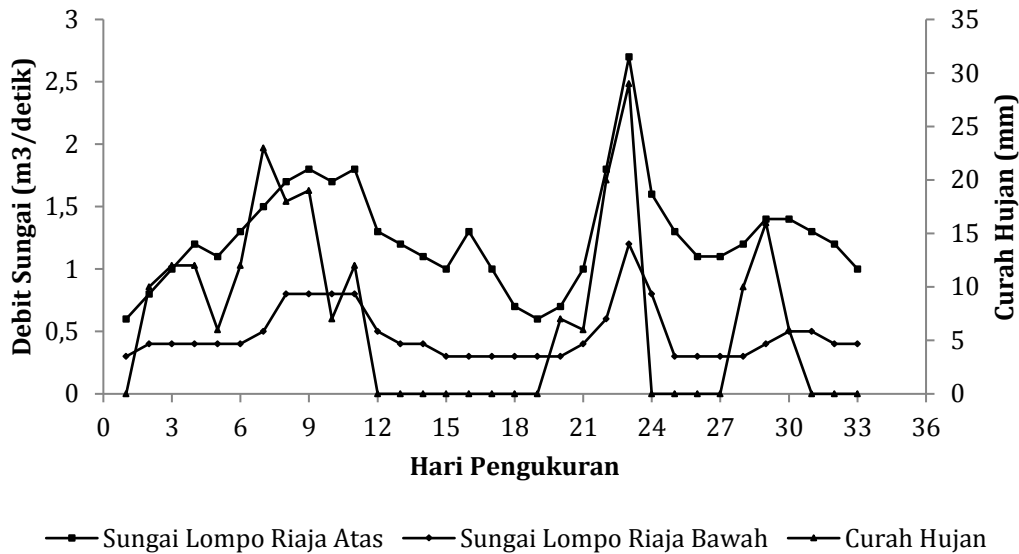
kondisi tanah dalam keadaan jenuh, sehingga laju infiltrasi melambat dan peluang meningkatkannya aliran permukaan dan debit.

Debit terendah pada Sungai Lompo Riaja Atas terjadi pada hari ke-1 pukul 16.00 yang diduga karena pengaruh faktor curah hujan sebelum pengamatan dimulai. Curah hujan yang terjadi merespon lebih cepat oleh Sungai Lompo Riaja Bawah sehingga debitnya lebih tinggi dari debit Sungai Lompo Riaja Atas yang memiliki bentuk memanjang. Debit terendah pada Sungai Lompo Riaja Bawah terjadi pada hari ke-20 pukul 12.00-

Pergerakan debit sungai harian (pukul 08.00, 12.00, dan 16.00) juga dianalisis menggunakan grafik untuk melihat pergerakan rata-rata debit harian di kedua sungai. Hasil analisis memperlihatkan variasi debit di kedua sungai yang hampir sama meskipun nilainya berbeda seperti pada Gambar 6. Hal ini disebabkan



Gambar 5. Grafik pergerakan debit Sungai Lompo Riaja Bawah setiap pukul 08.00,12.00, dan 16.00
Figure 5. Graph of Lompo Riaja Bawah river discharge movement every 08.00, 12.00, and 16.00



Gambar 6. Grafik Pergerakan Debit Rata-Rata Harian Sungai Lompo Riaja Atas dan Sungai Lompo Riaja Bawah
Figure 6. Graph of daily average discharge movement of Lompo Riaja Atas and Lompo Riaja Bawah River

pengaruh curah hujan yang hampir sama dengan daerah yang berdekatan.

G. Analisis Karakteristik Biofisik dan Debit Sungai

Karakteristik biofisik DAS merupakan faktor yang memengaruhi output dari proses hidrologi dalam suatu DAS. Salah satu output yang dipengaruhi oleh karakteristik biofisik tersebut adalah perilaku debit sungai sebagai bentuk respon sungai terhadap curah hujan yang jatuh dalam DAS tersebut. Karakter alami DAS bersama-sama dengan faktor yang dapat diintervensi manusia akan memengaruhi perilaku hidrologi seperti evapotranspirasi, infiltrasi, dan aliran sungai (Supangat, 2012; Isnain & Hasnawir, 2018).

Grafik debit sungai pada Gambar 4 menunjukkan nilai rata-rata debit Sungai Lompo Riaja Atas dan Sungai Lompo Riaja Bawah yang sangat berbeda meskipun fluktuasi debit sungainya hampir sama. Perbedaan tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti faktor fisik sungai dan karakteristik biofisiknya. Sungai Lompo Riaja Atas memiliki luas penampang sungai yang lebih besar dibandingkan dengan Sungai Lompo Riaja Bawah sehingga memungkinkan debit Sungai Lompo Riaja Atas lebih besar.

Berdasarkan hasil analisis bentuk DAS pada wilayah tangkapan Sungai Lompo Riaja Bawah dikategorikan ke dalam bentuk bulu burung (memanjang) sehingga menyebabkan waktu konsentrasi atau waktu perjalanan air dari hulu ke tempat pengukuran debit sungai lebih lama

dibandingkan Sungai Lompo Riaja Atas. Akan tetapi nilai debit Sungai Lompo Riaja Atas tetap tinggi karena kerapatan aliran pada Sungai Lompo Riaja Atas lebih tinggi sebesar 0,51 km/km² daripada Sungai Lompo Riaja Bawah sebesar 0,41 km/km². Hal ini didukung oleh Asdak (2010) bahwa semakin tinggi nilai kerapatan aliran, maka debit akan semakin tinggi juga.

Aspek DAS lainnya yang dapat memperbesar debit sungai adalah pola aliran. Sungai Lompo Riaja Atas memiliki pola aliran dendritik, sedangkan Sungai Lompo Riaja Bawah memiliki pola aliran paralel. Menurut Juanda (2016) salah satu karakteristik pola aliran paralel adalah memiliki tingkat kemiringan lereng yang curam dan sangat curam. Tingkat kemiringan curam dan sangat curam pada Sungai Lompo Riaja Bawah sebesar 37,03%, sedangkan pada Sungai Lompo Riaja Atas sebesar 18,78%. Asdak (2010) menyatakan pola aliran mempunyai peranan yang lebih menentukan dalam memengaruhi besarnya debit dan lama waktu berlangsungnya debit tersebut. Pola aliran dapat disebabkan oleh daya infiltrasi air hujan pada setiap kemampuan tanah. Dalam pendekatan pengelolaan DAS, untuk menurunkan debit pada musim hujan dan menaikkan debit pada musim kemarau, dapat dilakukan dengan memperbesar infiltrasi atau memperbesar bagian air hujan yang masuk ke dalam tanah di seluruh kawasan DAS. Tinggi dan rendahnya debit sungai yang dihasilkan juga dapat dipengaruhi dari aspek kemiringan sungai (gradien sungai) yang menunjukkan kecuraman suatu sungai. Gradien Sungai Lompo Riaja Atas sebesar 11,26%, sedangkan gradien Sungai

Lompo Riaja Bawah sebesar 11,91%. Menurut Rahayu *et al.* (2009) gradien sungai menunjukkan tingkat kecuraman sungai yang apabila semakin besar kecuraman maka semakin tinggi pula kecepatan aliran airnya. Namun, cepat atau lambatnya debit aliran yang terjadi dapat dipengaruhi pula dari aspek penutupan lahan dan daya infiltrasi air ke dalam tanah.

Penutupan lahan yang diperoleh menunjukkan bahwa pada wilayah Sungai Lompo Riaja Bawah memiliki penutupan lahan berhutan lebih luas dibandingkan dengan Sungai Lompo Riaja Atas, yaitu sebesar 21,90% dan 9,60% sehingga dapat mengurangi limpasan permukaan yang terjadi. Wahyuni (2012) menyatakan bahwa air hujan yang jatuh pada lahan berhutan akan mengalami intersepsi, infiltrasi, perkolasi yang besar sehingga debit tidak terlalu besar ketika hujan dan tetap mengalir ketika tidak terjadi hujan. Lebih jauh bahwa perubahan penutupan lahan atau hilangnya penutupan hutan akan memengaruhi kualitas air dari DAS (Calijuri *et al.*, 2015).

Selain aspek penutupan lahan, aspek lain yang juga berpengaruh terhadap debit aliran adalah aspek jenis tanah. Berdasarkan *RePPPProt 1987* untuk jenis tanah yang mendominasi pada kedua wilayah sungai adalah jenis tanah *Dystropepts* dari ordo *Inseptisol* masing-masing sebesar 99,27% pada Sungai Lompo Riaja Atas dan Sungai Lompo Riaja Bawah sebesar 95,22% (Tabel 3). Jenis tanah dari ordo *Inseptisol* memiliki potensi kerusakan tanah yang tinggi. Menurut Rahayu *et al.* (2009) karakteristik tanah dan sebarannya dalam suatu DAS, sangat menentukan besar kecilnya infiltrasi, limpasan, dan aliran bawah permukaan.

Debit Sungai Lompo Riaja Atas dan Sungai Lompo Riaja Bawah juga sangat dipengaruhi oleh faktor curah hujan yang bervariasi. Kadang terjadi hujan pada siang, sore dan malam hari setelah itu tidak terjadi hujan selama sehari bahkan lebih. Curah hujan tertinggi terjadi pada hari ke-23 dengan jumlah curah hujan sebesar 28,9 mm dan curah hujan terendah terjadi pada hari ke-21 sebesar 6,7 mm. Menurut Kementerian Kehutanan (2013) intensitas hujan pada lokasi pengamatan termasuk pada kategori rendah dengan kisaran 13,61-20,70 mm/hari.

Curah hujan yang tinggi pada hari ke-23 menyebabkan debit aliran sungai meningkat. Hal tersebut sejalan dengan hasil penelitian Muchtar & Abdullah (2007) semakin tinggi curah hujan maka semakin tinggi pula debit sungai, dan semakin rendah curah hujan maka debit sungai juga mengalami penurunan.

Hasil analisis hubungan antara curah hujan dengan debit rata-rata harian sungai Lompo Riaja Atas diperoleh nilai R^2 (koefisien determinasi)

sebesar 0,621. Sungai Lompo Riaja Bawah memiliki R sebesar 0,616. Kedua nilai R^2 ini dapat dikategorikan tinggi ($R^2 > 0,50$ atau 50%). Menurut Wahyuni (2012), jika dikaitkan dengan kondisi biofisik DAS ketika nilai R^2 tinggi, maka kondisi biofisik DAS kurang mempengaruhi debit air, dan sebaliknya jika nilai R^2 rendah maka kondisi biofisik DAS tersebut memiliki pengaruh yang tinggi pada jumlah debit air.

Ningkeula (2015) menyatakan bahwa orientasi DAS berpengaruh dalam tinggi dan rendahnya debit sungai. Orientasi DAS ditentukan berdasarkan dari arah aliran sungai utamanya. Berdasarkan pengamatan secara visual, orientasi sungai utama Sungai Lompo Riaja Atas dan Sungai Lompo Riaja Bawah menghadap ke barat laut. Arah DAS yang menghadap ke barat laut seperti pada kedua sungai tersebut cenderung kurang mendapatkan sinar matahari, akan tetapi memiliki jumlah hujan yang relatif tinggi.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Karakteristik biogeofisik dan debit Sungai Lompo Riaja Atas dan Sungai Lompo Riaja Bawah di sub DAS Ralla, DAS Lisu menunjukkan bahwa Sungai Lompo Riaja Atas dan Sungai Lompo Riaja Bawah memiliki variasi fluktuasi debit yang relatif sama, meskipun memiliki jumlah debit yang berbeda. Debit sungai pada kedua sungai meskipun lebih banyak dipengaruhi oleh curah hujan dibandingkan dengan kondisi biogeofisik seperti geologi, topografi, jenis tanah, luas DAS, bentuk DAS, panjang sungai dan ordo, gradien sungai, pola aliran, kerapatan aliran, dan penutupan, namun karakteristik biogeofisik pada kedua sungai ini tetap berperan penting dalam menentukan jumlah debit sungai. Prediksi seberapa besar kontribusi pengaruh curah hujan dengan debit air dianalisis dengan koefisien determinasi (R^2). Hasil analisis menunjukkan curah hujan mempengaruhi debit air sungai Lompo Riaja Atas sebesar 62,1% ($R^2 = 0,621$), sedangkan Sungai Lompo Riaja Bawah sebesar 61,6% ($R^2 = 0,616$).

B. Saran

Penyempurnaan hasil dalam penelitian ini dapat dilakukan dengan melakukan pengukuran debit pada saat hujan berlangsung dan sesudah hujan. Selain itu penambahan titik pengukuran curah hujan dan debit akan meningkatkan akurasi dan penyempurnaan hasil penelitian. Kondisi penutupan lahan dengan penutupan hutan pada kedua wilayah sungai kurang dari 30% sehingga diperlukan perbaikan tingkat penutupan lahan yang lebih optimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Bapak Dekan Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin atas dukungan pendanaan penelitian ini. Terima kasih kami sampaikan pula kepada Balai pengelolaan DAS-HL Jeneberang Saddang dan Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan Makassar atas dukungan data dan informasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aeni, N. (2017). *Analisis karakteristik biofisik dan debit Sungai Lompo Riaja Atas dan Sungai Lompo Riaja Bawah di Sub DAS Ralla*. Universitas Hasanuddin.
- Arsyad, S. (2010). *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: IPB Press.
- Asdak, C. (2010). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Bach, H., Clausen, T. J., Trang, D. T., Emerton, L., Facon, T., Hofer, T., ... Whiting, L. (2011). *From Local Watershed Management to Integrated River Basin Management at National and Transboundary Levels*.
- Basuki, T. M., Adi, R. N., & Sulasmiko, E. (2017). Hasil air hutan jati pada dua sub daerah aliran sungai dengan luas berbeda. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, 1(1), 1-14.
- Calijuri, M. L., Castro, J. S., Costa, L. S., Assemany, P. P., & Alves, J. E. M. (2015). Impact of land use/land cover changes on water quality and hydrological behavior of an agricultural subwatershed. *Environ Earth Sci*, 74(6), 5373-5382. doi: 10.1007/s12665-015-4550-0.
- Hasnawir, Kubota, T., Sanchez-Castillo, L., & Soma, A. D. (2017). The influence of land use and rainfall on shallow landslides in Tanralili sub-watershed, Indonesia. *J. Fac. Agr., Kyushu University*, 62(1), 171-176.
- Hirpa, F. A., Gebremichael, M., & Over, T. M. (2010). River flow fluctuation analysis: Effect of watershed area. *Water Resources Research*, 46(12), 1-10. <https://doi.org/10.1029/2009WR009000>.
- Isnan, W., & Hasnawir. (2018). Analisis karakteristik dan tipologi DAS Mapili Provinsi Sulawesi Barat. *Jurnal Wasian*, 5(1), 21-34.
- Juanda, D. S. (2016). *Deskripsi Karakteristik Biofisik dan Kaitannya dengan Debit Air Sungai Sapaya, Sub DAS Jenelata*. Universitas Hasanuddin.
- Kementerian Kehutanan. (2013). Peraturan Direktur Jenderal Bina Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Perhutanan Sosial Nomor: P.3/V-Set/2013 Tentang Pedoman Identifikasi Karakteristik Daerah Aliran Sungai. Jakarta: Biro Hukum Kementerian Kehutanan Republik Indonesia.
- Mander, Ü., & Tournebize, J. (2014). Watershed Management☆. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*, (December 2013), 1-14. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.09124-7>
- Mappangaja, B. (1983). *The Improvised Current Meter for Stream Discharge Measurement*. University of Philipines at Los Banos.
- Marwadi, M. (2012). *Rekayasa Konservasi Tanah dan Air*. Yogyakarta: Bursa Ilmiah.
- Mogollón, B., Villamagna, A. M., Frimpong, E. A., & Angermeier, P. L. (2016). Mapping technological and biophysical capacities of watersheds to regulate floods. *Ecological Indicators*, 61(2016), 483-499. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.09.049>
- Muchtar, A., & Abdullah, N. (2007). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi debit Sungai Mamasa. *Jurnal Hutan Dan Masyarakat*, 2(1), 174-187.
- Nasrullah, & Kartiwa, B. (2009). Model hidrologi DAS Aih Tripe Hulu untuk prediksi banjir dan kekeringan. *Jurnal Tanah Dan Iklim*, 1(29), 35-52.
- Ningkeula, E. S. (2015). Analisis karakteristik meteorologi dan morfologi DAS Wai Samal Kecamatan Seram Utara Timur Kobi Kabupaten Maluku Tengah. *Jurnal Ilmiah Agribisnis Dan Perikanan*, 8(2), 81-91.
- Nugroho, P., Marsono, D., Sudira, P., & Suryatmojo, H. (2013). Impact of Land-use Changes on Water Balance. *Procedia Environmental Sciences*, 17, 256-262. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2013.02.036>
- Nurtaev, B. (2015). Influence of solar activity on global large rivers runoff trends. In *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences* (pp. 192-193). <https://doi.org/10.5194/piahs-366-192-2015>
- Purwanto, T. H. (2013). Ekstraksi Morfometri Daerah Aliran Sungai dari Data Digital Surface Model (Studi Kasus DAS Opak). Retrieved June 4, 2018, from <http://geo.ugm.ac.id/main/?p=2418>
- Quyen, N. T. N., Liem, N. D., & Loi, N. K. (2014). Effect of land use change on water discharge in Srepok watershed, Central Highland, Viet Nam. *International Soil and Water Conservation Research*, 2(3), 74-86. [https://doi.org/10.1016/S2095-6339\(15\)30025-3](https://doi.org/10.1016/S2095-6339(15)30025-3)
- Rahayu, S., Widodo, R. H., Noordwijk, M. van, Suryadi, I., & Verbist, B. (2009). *Monitoring Air Di Daerah Aliran Sungai*. Bogor: World agroforestry Centre - Southeast Asia Regional Office. Retrieved from <http://www.worldagroforestry.org/downloads/Publications/PDFS/B16396.pdf>
- Rosyidie, A. (2013). Banjir : Fakta dan dampaknya, serta pengaruh dari perubahan guna lahan. *Jurnal Perencanaan Wilayah Dan Kota*, 24(3), 241-249.
- Sanchez-Castillo, L., Kubota, T., Cantu-Silva, I., Moriyama, T., & Hasnawir. (2017). A probability method of rainfall warning for sediment-related disaster in developing countries: a case study in Sierra Madre Oriental, Mexico. *Natural Hazards*, 85(3), 1893-1906. <http://doi.org/10.1007/s11069-016-2669-2>
- Soegiyanto. (2014). Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Rawan Banjir. *Jurnal Geografi*, 12(1), 46-58.

- Sun, Z., Lotz, T., & Chang, N. Bin. (2017). Assessing the long-term effects of land use changes on runoff patterns and food production in a large lake watershed with policy implications. *Journal of Environmental Management*, 204, 92-101. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.08.043>
- Supangat, A.B. (2012). Karakteristik hidrologi berdasarkan parameter morfometri DAS di kawasan Taman Nasional Meru Betiri. *Jurnal Penelitian Hutan dan konservasi Alam*, 9(3), 275-283.
- Wahyuni. (2012). *Karakteristik Debit Sungai Pada DAS Tallo Hulu (Sub DAS Jenepangkalung Dan Sub DAS Jenetalinggoa)*. Universitas Hasanuddin.