

TRANSFORMASI DEBIT SUNGAI BERDASARKAN FORMULA TUTUPAN LAHAN DAN CURAH HUJAN DAS CISADANE BAGIAN HULU

Y. M. setiawan, Stevanus Nalendra Jati¹

¹ Teknik Geologi, Universitas Sriwijaya, Palembang
Corresponding author: mulkiyulika@gmail.com

ABSTRAK: Penelitian dilakukan di Daerah aliran Sungai Cisadane bagian hulu. Berdasarkan pembagian oleh kementerian lingkungan hidup sendiri DAS Cisadane memiliki luas 110.481,91 ha sebagian besar termasuk wilayah Kabupaten Bogor dan sebagian kecil wilayah Kota Bogor. Informasi mengenai transformasi debit sungai sangat penting dalam perencanaan pembangunan infrastruktur maupun mitigasi bencana. Kemampuan teknik penginderaan jarak jauh atau Geographic Information System (GIS) dapat dimanfaatkan untuk menyediakan data dan informasi hal ini terdiri dari ekstraksi data yang meliputi karakteristik lingkungan fisik DAS. Data yang digunakan meliputi formula tutupan lahan dan data curah hujan. Transformasi debit sungai diperoleh dengan mengolah data tutupan lahan dan data curah hujan menjadi data debit. Dari hasil ekstraksi karakteristik fisik DAS Cisadane bagian hulu didapatkan nilai koefisien aliran sebesar 0,16. Nilai intensitas hujan untuk periode kala ulang 2 tahun sebesar 140,6 mm/jam, untuk periode kala ulang 5 tahun sebesar 158,03 mm/jam, untuk periode kala ulang 10 tahun 169,5 mm/jam, untuk kala ulang 50 tahun sebesar 194,94 mm/jam dan untuk periode kala ulang 100 tahun sebesar 205,6 mm/jam. Untuk nilai estimasi transformasi debit di DAS Cisadane bagian hulu untuk periode kala ulang 2 tahun sebesar 279,04 m³/detik, untuk periode kala ulang 5 tahun sebesar 313,6 m³/detik, untuk periode kala ulang 10 tahun sebesar 336,5 m³/detik, untuk periode kala ulang 50 tahun sebesar 386,8 m³/detik dan untuk periode kala ulang 100 tahun sebesar 408,16 m³/detik. Maka diharapkan dengan penelitian ini risiko bencana alam tersebut dapat diminimalisir dan membantu dalam perencanaan pengembangan wilayah.

Kata Kunci: Daerah Aliran Sungai, GIS, Transformasi Watershed, Curah Hujan, Tutupan Lahan

ABSTRACT: The research was conducted in the upper Cisadane River Basin. Based on the division by the ministry of environment itself, the Cisadane watershed has an area of 10,481,91 ha mostly includes the Bogor Regency area and a small part of the Bogor City area. Information regarding river discharge transformation is very important in planning infrastructure development and disaster mitigation. The capability of remote sensing techniques or Geographic Information System (GIS) can be utilized to provide data and information, this consists of data extraction which includes the characteristics of the physical environment of the watershed. The data used include the land cover formula and rainfall data. River discharge transformation is obtained by processing land cover data and rainfall data into discharge data. The result extraction of the physical characteristics upstream part of the Cisadane watershed, the flow coefficient value is 0.16. Rainfall intensity value for 2-year return period is 140.6 mm/h, when the 5-year return period is 158.03 mm/h, when the 10-year return period is 169.5 mm/h, when the 50-year return period is 194.94 m/h and when 100-year return period is 205.6 mm/h. For the estimated value of the discharge transformation in the upstream part of Cisadane watershed for a 2-year return period is 279.04 m³/sec, when the 5-year return period is 313.6 m³ sec, when the 10-year return period is 336.5 m³/sec, when the 50-year return period is 386.8 m³/sec and when 100-year return period is 408.16 m³/sec. So it is hoped that with this research the risk of natural disasters can be minimized and assist in regional development planning.

Keywords: Watershed, GIS, Transformation of Watershed, Rainfall, Land Cover

PENDAHULUAN

DAS Cisadane memiliki hulu yang menjadi sumber aliran air yakni berasal dari Taman Nasional Gunung

Gede Pangrango (TNGGP) dan Taman Nasional Gunung Halimun Salak (TNGHS). DAS Cisadane terbagi menjadi 4 DAS, yaitu 2 di bagian hulu (Cianten dan Cisadane Hulu), 1 DAS di bagian tengah dan 1 DAS di bagian

hilir. Sungai Cisadane memiliki aliran sepanjang 1.047 Km yang mengalir dari kawasan hulu hingga hilir (Kahfi, 2016). Aliran sungai ini banyak dimanfaatkan oleh masyarakat yang bermukim di sekitar bantaran untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari dengan pola pemanfaatan yang beragam. Penggunaan lahan DAS Cisadane bagian hulu yang meliputi Kabupaten Bogor dan sebagian Kota Bogor didominasi oleh hutan, pemukiman, ladang, perkebunan, dan lahan kosong. Sedangkan di bagian tengah dan hilir, penggunaan lahan didominasi oleh pemukiman, ladang dan lahan kosong.

Masih sangat terbatasnya ketersediaan data terkait parameter fisik DAS sehingga diperlukan adanya alternatif untuk memperoleh data tersebut (Sriartha, 2015). Teknologi penginderaan jauh (GIS) menjadi alternatif teknik yang banyak digunakan untuk menyediakan data dan informasi geografis secara cepat dan akurat. Data mengenai fisiografi DAS dapat diekstraksi dengan teknologi penginderaan jauh (GIS). Belum optimalnya pemanfaatan teknologi penginderaan jauh terutama pada kajian hidrologi khususnya DAS (Sriartha, 2015). Keunggulan dari pemanfaatan teknologi penginderaan jauh dalam ekstraksi kajian hidrologi (DAS) yakni dapat mencakup daerah yang luas, serta mampu menyajikan data hidrologi secara keruangan, dapat dilakukan dengan mudah dan dalam waktu yang cepat.

Informasi mengenai debit puncak sangat penting dalam perencanaan pembangunan infrastruktur seperti sistem drainase, jembatan, maupun perencanaan kegiatan restorasi DAS (Grimaldi & Petroselli, 2015). Debit puncak terjadi ketika seluruh aliran permukaan yang berada di daerah aliran sungai (DAS) mencapai titik outlet (bagian hilir suatu DAS atau Sub-DAS sebagai tempat berkumpulnya seluruh aliran permukaan yang mengalir dari bagian hulu DAS). Faktor utama yang mempengaruhi besarnya debit puncak yaitu karakteristik hujan dan karakteristik DAS (Asdak, 2002).

Penelitian ini bertujuan guna mendapatkan informasi debit yang berasal dari parameter-parameter fisik DAS Cisadane bagian hulu. Data yang dihasilkan meliputi data situasi geografis, baik dari dimensi aliran maupun kondisi tutupan lahan yang dapat mempengaruhi kapasitas debit air DAS Cisadane bagian hulu. Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan model debit yang sesuai dengan kondisi DAS Cisadane bagian hulu dengan menggunakan beberapa parameter yang akan ditetapkan, sehingga model debit tersebut dapat digunakan sebagai dasar informasi baik dalam mitigasi bencana yakni banjir maupun dalam perencanaan pengembangan wilayah.

METODE PENELITIAN

Respon hidrologi yakni kapasitas suatu DAS terhadap hujan untuk ditransformasikan menjadi debit dipengaruhi oleh karakteristik fisik DAS dan penggunaan lahannya. Penelitian dilakukan pada DAS Cisadane bagian hulu, Kabupaten Bogor. Data yang digunakan dalam input hidrologi meliputi data antara lain:

a. Data DEMNAS

DEMNAS memiliki resolusi 0,27 arcsecond (atau kalau dikonversi sekitar 8 meter) yang mempresentasikan ketinggian dalam setiap pikselnya. Secara spasial, DEMNAS dapat digunakan dalam menentukan batas DAS dan jaringan sungai.

b. Peta Tutupan Lahan

Peta penutupan lahan diklasifikasikan berdasarkan analisis citra satelit penginderaan jauh (GIS). Sehingga semakin tinggi resolusi citra, maka semakin baik dan akurat klasifikasi penutupan lahan yang dihasilkan dari analisa citra tersebut. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) pada saat ini telah memberikan akses secara bebas untuk mendapatkan peta penutupan lahan. Peta hasil analisa tersebut merupakan hasil dari analisa citra satelit beresolusi sedang namun resolusi tersebut sudah sangat baik untuk dimanfaatkan sebagai data pendukung dalam acuan mitigasi suatu wilayah maupun pengembangan tataguna lahan suatu wilayah. Dalam penelitian ini menggunakan peta penutupan lahan tahun 2019 yang merupakan acuan terbaru dalam penutupan lahan suatu wilayah.

c. Data Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan merupakan data curah hujan harian maksimum. Data curah hujan tersebut sebaiknya mempunyai *series* waktu yang panjang (minimal 10 tahun). Data hujan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data Hujan dari Stasiun disekitar DAS Cisadane Bagian Hulu dari tahun 2009-2019 (10 tahun).

d. Perhitungan Debit Sungai

Perhitungan debit pada bagian hulu DAS digunakan guna mengetahui efektivitas kapasitas DAS pada bagian hulu yang dapat mempengaruhi terhadap situasi hidrologi DAS pada bagian hilir. Dalam perkiraan perhitungan debit persamaan yang umum digunakan yakni menggunakan metode perhitungan rasional USSCS (1973). Dalam perhitungan debit dengan metode rasional, parameter yang dipertimbangkan diantaranya yakni koefisien limpasan, intensitas curah hujan dan luas DAS. Persamaan perhitungan menggunakan metode rasional adalah sebagai berikut:

$$Q = 0,278.C.I.A \quad (1)$$

Keterangan :

Q = Debit puncak (m³/detik)

C = Koefisien aliran

I = Intensitas curah hujan rata-rata (mm/jam)

A = Luas DAS (km²)

Koefisien limpasan merupakan perentase jumlah air yang dapat melimpas melalui permukaan tanah dari keseluruhan air hujan yang jatuh pada suatu daerah. Sehingga semakin kedap suatu permukaan tanah, maka semakin tinggi nilai koefisien limpasannya. Nilai dari koefisien limpasan dapat berbeda-beda dan sulit ditentukan dengan tepat. Diantaranya terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi nilai koefisien limpasan diantaranya kondisi penutup lahan dan intensitas hujan. Nilai (C) dapat berubah dari waktu ke waktu sesuai dengan faktor-faktor yang berkaitan dengan koefisien limpasan terutama kondisi tanah. Nilai koefisien limpasan (C) dapat diperkirakan dengan meninjau kondisi tataguna lahan pada daerah tersebut.

Tabel 1 Nilai koefisien limpasan

Penutupan Lahan	Nilai C
Hutan Lahan Kering Sekunder	0,03
Belukar	0,07
Hutan Lahan Kering Primer	0,02
Hutan Tanaman Industri	0,05
Hutan Rawa Sekunder	0,15
Perkebunan	0,4
Pertanian Lahan Kering	0,1
Pertanian Lahan Kering Campur Semak	0,1
Pemukiman	0,6
Sawah	0,15
Tambak	0,05
Terbuka	0,2
Perairan	0,05

Sumber : Kodoatie dan Syarief, 2005

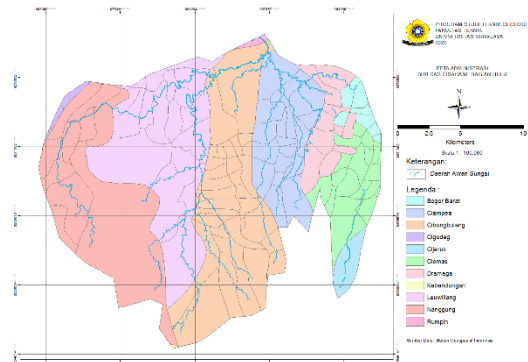
Input utama dalam pemodelan watershed ini adalah pada data DEM. Data DEM tersebut diolah untuk menentukan batas DAS dan jaringan DAS. Peta penutupan lahan dihasilkan dari analisis data citra satelit yang di klasifikasikan berdasarkan tutupan lahannya. Semakin tinggi resolusi citra, maka akan semakin baik klasifikasi penutupan lahan yang dihasilkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini telah dikumpulkan data yang digunakan untuk bahan analisa diantaranya sebagai berikut:

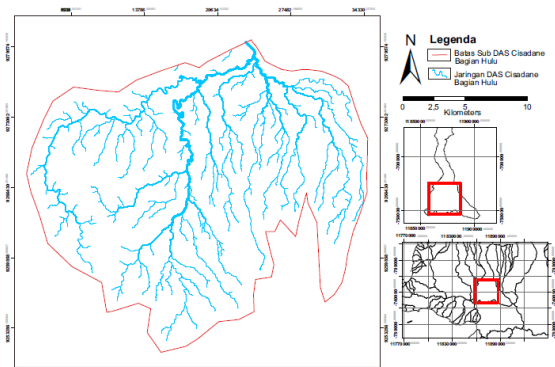
1. Batas DAS Cisadane Bagian Hulu dan Jaringan DAS

Daerah penelitian yakni Daerah Aliran Sungai (DAS) Cisadane bagian hulu berdasarkan analisa spasial Arcmap 10.2.2 dapat diketahui bahwa luas seluruh DAS Cisadane bagian hulu adalah 44.615 Ha. DAS Cisadane bagian hulu seluruhnya berada di wilayah Kabupaten Bogor, Jawa Barat yang meliputi 10 Kecamatan yaitu Kecamatan rumpin, Nanggung, Leuwiliang, Kabandungan, Dramaga, ciomas, Cijeruk, Cigudeg, Cibungbulang, Ciampea, dan Bogor Barat. Secara rinci situasi dari wilayah administratif DAS Cisadane bagian hulu dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1 Administrasi DAS Cisadane bagian hulu

Batas dari DAS Cisadane bagian hulu diidentifikasi dengan menggunakan batas sungai dari Jaringan DAS Cisadane yang mengalir dari arah hulu DAS yakni Gunung Gede dan Gunung Halimun Salak. Kondisi topografi dari DAS Cisadane bagian hulu menuju bagian hilir mengakibatkan aliran dari DAS akan mengalir dan terakumulasi pada outlet bagian hilir DAS yakni pada bagian DAS Cisadane bagian hilir.



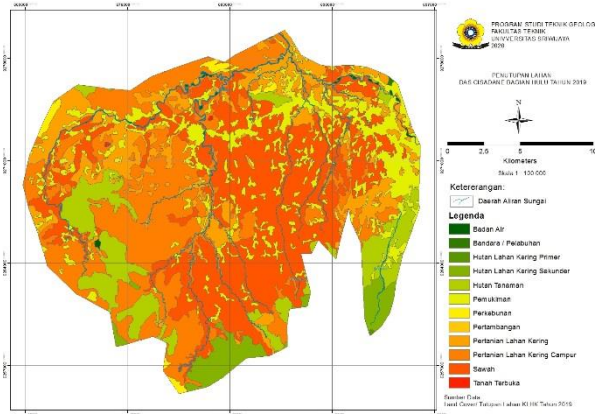
Gambar 2 Batas dan jaringan DAS Cisadane bagian hulu

Pada Gambar 2 di atas dapat dilihat bentuk jaringan DAS Cisadane bagian hulu yakni berbentuk paralel yakni berbentuk DAS ini mempunyai corak dimana beberapa jalur aliran sungai yg sejajar, bersatu

di bagian hilir, sehingga akumulasi debit banjir terjadi pada bagian hilir. Hal ini perlu diidentifikasi sebab bentuk jaringan DAS merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi terjadinya debit banjir.

2. Kondisi Tutupan Lahan

Semakin bertumbuhnya jumlah penduduk maka kebutuhan atas rumah tinggal menjadi salah satu faktor utama yang mempengaruhi perubahan tutupan lahan. Beralih fungsinya tata guna lahan dari hutan menjadi pemukiman membuat berkurangnya luas hutan yang menjadi daerah resapan air.



Gambar 3 Tutupan lahan DAS Cisadane bagian hulu

Berdasarkan peta penutupan lahan pada Gambar 3 di atas Daerah Aliran Sungai Cisadane bagian hulu memiliki posisi yang membentang dan mengalir dari daerah pegunungan di bagian Selatan menuju bagian hilir yakni ke arah Utara. Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu bentuk pengembangan wilayah yang menempatkan DAS sebagai suatu unit pengelolaan, dengan daerah bagian hulu dan hilir mempunyai keterkaitan biofisik melalui daur hidrologi. Oleh karena itu perubahan penggunaan lahan di daerah hulu atau pada DAS Cisadane bagian hulu akan memberikan dampak yang signifikan pada daerah hilir.

Dapat dilihat tutupan lahan tahun 2019 pada bagian hulu DAS Cisadane memiliki vegetasi dengan kerapatan yang tinggi, sedangkan di wilayah hilir kerapatan vegetasinya cukup rendah dan terdapat beberapa bagian yang merupakan wilayah dengan pemukiman atau bangunan.

Tabel 2 Tataguna lahan DAS Cisadane bagian hulu

No	Penutupan Lahan	Ha	%
1.	Pertanian Lahan Kering	5.850	13
2.	Tanah Terbuka	9	0,09
3.	Pertanian Lahan Kering Campur	11.800	26
4.	Sawah	14.100	32
5.	Bandara/Pelabuhan	16	0,16
6.	Pertambangan	20	0,20

7.	Hutan Lahan Kering Primer	9	0,9
8.	Hutan Lahan Kering Sekunder	1.760	4
9.	Hutan Tanaman	4.330	10
10.	Perkebunan	392	1
11.	Pemukiman	5.980	13
12.	Badan Air	349	1



Gambar 4 Grafik Tataguna Lahan DAS Cisadane Bagian Hulu Tahun 2019

Pada Gambar 4 di atas dapat dilihat bahwa jumlah pemukiman atau lahan terbangun pada sekitar DAS Cisadane bagian hulu lumayan tinggi dan sedikitnya ruang terbuka hijau atau hutan tentu saja hal ini sangat berpengaruh terhadap menurunnya daya resap tanah sehingga limpasan permukaan semakin tinggi.

3. Curah Hujan

Variabel yang digunakan dalam perhitungan transformasi debit adalah curah hujan bulanan wilayah yang disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3 Rekapitulasi curah hujan bulanan wilayah DAS Cisadane bagian hulu tahun 2011-2020 (mm)

Tahun	Januari	Februari	Maret	April
2011	340,0958	327,4232	295,81	296
2012	364,7948	329,5334	345,641	313,523
2013	325,2968	317,9314	333,902	338,3541
2014	376,3113	295,8869	462,999	292,8673
2015	322,3956	306,8038	323,165	318,2066
2016	299,5193	444,251	311,93	302,2486
2017	428,5237	318,3954	409,174	461,203
2018	351,5149	218,1064	240,872	333,2846
2019	287,0926	337,2071	263,709	306,9026
2020	310,8691	386,2589	292,088	307,416

Tahun	Mei	Juni	Juli	Agustus
2011	250	315,0291	377,1097	355,5867
2012	319,011	321,1032	320,208	342,8193
2013	338,354	268,5738	448,7776	280,0789
2014	292,111	345,1898	369,9904	266,6257
2015	352,421	297,8913	435,1148	320,5812
2016	310,702	337,5233	324,0376	386,1976
2017	373,331	416,0134	328,7905	386,1976
2018	270,373	184,0165	359,788	270,5418
2019	331,27	320,6469	328,9442	321,1783
2020	258,861	314,117	238,2277	270,3005

Tahun	Sept	Okt	Nov	Des
2011	293,065	338,3126	406,933	292,1166
2012	306,508	343,6287	333,45	313,7768
2013	244,86	380,4458	312,936	295,1305
2014	266,413	303,3795	171,834	194,6299
2015	320,581	372,3968	330,817	350,0811
2016	346,609	372,3968	232,115	290,2083
2017	346,609	401,2694	278,445	299,6804
2018	303,343	282,6022	377,018	361,8102
2019	233,574	317,6471	309,758	256,9637
2020	322,224	310,7907	321,786	252,3233

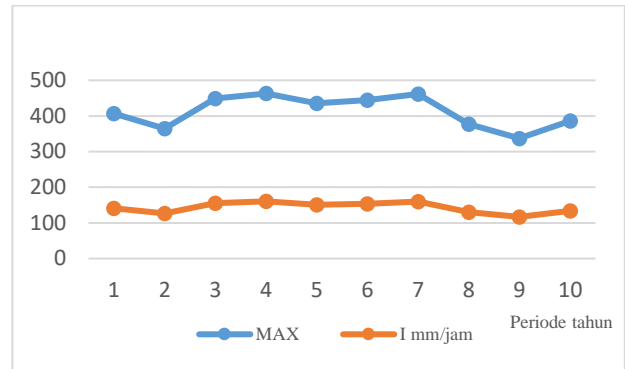
Berada pada dataran yang cukup tinggi dan dekat dengan garis katulistiwa, curah hujan di DAS Cisadane bagian hulu tergolong cukup tinggi. Curah hujan tetap terjadi meskipun pada saat musim kemarau. Berdasarkan data curah hujan maksimum bulanan selama 2011-2020 diketahui bahwa curah hujan maksimum tertinggi terjadi pada Bulan Maret 2014 sebesar 462,9 mm, sedangkan curah hujan maksimum terendah terjadi pada Bulan November 2014 sebesar 171,8 mm.

Dalam memprediksi debit, data curah hujan yang tersedia dikonversi menjadi intensitas hujan. Hasil penghitungan intensitas hujan disajikan dalam Tabel 3 dan Gambar 5. Intensitas curah hujan di lokasi penelitian berfluktuasi mengikuti fluktuasi curah hujannya.

Tabel 4 Curah hujan dan intensitas hujan di DAS Cisadane bagian hulu dalam periode 10 tahun

Tahun	Max	I mm/Jam	Min
2011	406,933	141,07576	249,64
2012	364,795	126,46731	306,51
2013	448,778	155,58251	244,86
2014	462,999	160,51269	171,83
2015	435,115	150,84589	297,89

2016	444,251	154,01323	232,12
2017	461,203	159,89014	278,44
2018	377,018	130,70478	184,02
2019	337,207	116,90319	233,57
2020	386,259	133,90849	238,23



Gambar 5 Fluktuasi curah hujan dan intensitas hujan di DAS Cisadane bagian hulu dalam beberapa periode 10 tahun

Perhitungan Debit

Penggunaan lahan menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi kondisi aliran permukaan suatu DAS. Penggunaan lahan berperan dalam menentukan besarnya nilai koefisien aliran dalam suatu DAS. Semakin luas luasan penggunaan lahan yang terpengaruh oleh manusia contohnya pemukiman, maka dapat memperbesar nilai koefisien aliran yang terjadi.

Hasil pengolahan data dari tutupan lahan di dapatkan bahwa nilai koefisien aliran untuk DAS Cisadane bagian hulu adalah sebesar 0,16. Angka tersebut mengandung makna bahwa sekitar 16% dari hujan total yang terjadi di Wilayah DAS Cisadane bagian hulu akan menjadi aliran permukaan (limpasan/run off). Besarnya koefisien aliran tersebut akan berpengaruh terhadap besarnya debit sungai yang nantinya akan berkontribusi pada kondisi banjir di bagan hilir.

Sebelum bisa mendapatkan prediksi transformasi debit pada beberapa periode ulang di DAS Cisadane bagian hulu, maka perlu dilakukan perhitungan hujan rancangan di daerah tersebut. Nilai hujan rancangan yang diperoleh dari hasil perhitungan dapat dilihat dalam Tabel 5 sebagai berikut:.

Prediksi transformasi debit dilakukan setelah mendapatkan nilai hujan rancangan tiap jam. Setelah nilai hujan rancangan tiap jam diperoleh maka tahapan selanjutnya adalah memasukkan masing – masing nilai hujan rancangan pada beberapa periode ulang tertentu. Dalam kegiatan ini, digunakan hasil perhitungan hujan rancangan yang telah didapatkan. Hujan rancangan yang

digunakan sebagai masukan data untuk melakukan estimasi transformasi debit dengan metode rasional mendapatkan hasil estimasi seperti dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 5 Nilai hujan hancangan hasil perhitungan dengan metode normal.

Waktu (menit)	Intensitas Hujan Rancangan (Inch/jam)				
	2 tahun	5 tahun	10 tahun	50 tahun	100 tahun
5	737,22	828,55	889,0158	1022,089	1078,354
10	477,1048	536,21	575,3421	661,4626	697,8754
15	354,3239	398,22	427,2802	491,238	518,2801
30	223,2101	250,86	269,1697	309,4606	326,496
60	140,6135	158,03	169,5663	194,9479	205,6796

Tabel 6 Estimasi debit sungai dengan metode rasional

Periode ulang	C	I (mm/jam)	A (Ha)	Q (m ³ /detik)
2	0,16	140,6135339	44,615	279,044071
5	0,16	158,0325031	44,615	313,611583
10	0,16	169,5662701	44,615	336,500058
50	0,16	194,9479333	44,615	386,869339
100	0,16	205,6795919	44,615	408,166049

Nilai estimasi transformasi debit sungai pada DAS Cisadane bagian hulu seperti pada Tabel 6. Dapat dilihat bahwa nilai debit pada DAS Cisadane bagian hulu pada beberapa kala ulang besar nilainya semakin meningkat. Hal ini tentu tak lepas dari parameter penggunaan lahan yang sangat berpengaruh pada nilai koefisien aliran dan curah hujan pada wilayah tersebut .

KESIMPULAN

Pemodelan hidrologi pada DAS Cisadane bagian hulu dengan menggunakan Transformasi Watershed bisa digunakan sebagai salah satu prediksi nilai debit pada DAS tersebut Dari hasil kajian ini dapat disimpulkan bahwa:

- Tata guna lahan menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya koefisien aliran atau limpasan permukaan. Koefisien aliran (C) untuk DAS Cisadane bagian hulu dengan luas daerah 44,615 Ha pada tahun 2019 adalah 0.16. Nilai koefisien tersebut mempunyai arti dari banyaknya hujan yang jatuh ke permukaan DAS Cisadane bagian hulu, maka air sebanyak 16% dari total curah hujan yang turun akan menjadi limpasan pada DAS Cisadane bagian hulu.

- Pada DAS Cisadane bagian hulu hasil curah hujan maksimum tertinggi sebesar 4,629 m³/dtk yakni pada bulan Maret 2014, dan curah hujan maksimum terendah sebesar 1,71 m³/dtk yakni terjadi pada Bulan November 2014.
- Didapatkan juga besarnya hujan rancangan dan estimasi transformasi debit yang akan terjadi di DAS Cisadane bagian hulu dengan parameter seperti pada penelitian ini. Besarnya nilai hujan rancangan dan estimasi transformasi debit pada kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun nilainya menunjukkan kecenderungan yang meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

Asdak, C. (2002). Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Grimaldi, S., & Petroselli, A. (2015). Do we still need the rational formula? An alternative empirical procedure for peak discharge estimation in small and ungauged basins. *Hydrological Sciences Journal*, 60(1), 67–77. <https://doi.org/10.1080/02626667.2014.880546>

Kahfi, A. (2016). Analisis Neraca Air di Daerah Aliran Sungai Cisadane. Universitas Trisakti, Jakarta

Sriartha, I Putu, 2015. Penggunaan Citra Landsat 8 Dan Sistem Informasi Geografis untuk Estimasi Debit Puncak di Daerah Aliran Sungai Unda Provinsi Bali. ISSN: 2303-3142. Vol. 4, No. 2, Oktober 2015 : Jurusan Pendidikan Geografi, Universitas Pendidikan Ganesha Singaraja, Bali.