

Pengaruh Morfometri DAS terhadap Debit dan Sedimentasi DAS Yeh Ho

I DEWA PUTU GDE ABIJANA DHARMANANTA
R. SUYARTO*)
NI MADE TRIGUNASIH

Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Udayana
Jl. PB. Sudirman Denpasar Bali 80231

*)Email: rsuyarto@yahoo.co.id

ABSTRACT

Impact of Watershed Morphometric to Debit and Suspended Load of Yeh Ho Watershed

Watershed (DAS) is a land area which is a unity with the river and its tributaries, which functions to accommodate, store and drain water. Morphometry and physical properties of the watershed give effect to changes in discharge and river sediment content. With the aim of knowing the effect of water level on Yeh Ho watershed discharge and sedimentation and the correlation between morphometry and the physical condition of the watershed by rating curve discharge and sediment content. This research was conducted in the Yeh Ho river flow area in Tabanan Regency from November - February 2018 with methods: (1) literature study, (2) analysis of satellite imagery with the world view image of the 2013-2015 observation year, (3) analysis of regional characteristics river flow using DEM imagery (digital elevation mode), (4) debit analysis and (5) analysis of sediment content. The results of the DEM analysis determine the characteristics and watershed boundaries which are then analyzed to produce morphometry and physical properties of the watershed with data sources from (BAPPEDA Tabanan Regency). The results of the analysis show that the water level has an effect of 97% on the discharge and sediment content. The correlation of morphometry and physical condition of watershed with rating curve discharge and sediment content was expressed in morphometric scores of 120 (Good watershed conditions) and physical conditions in good and very good categories.

Keywords: *Morphometry of watershed, debit, sedimentation, Yeh Ho watershed*

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Daerah Aliran Sungai (DAS) secara umum didefinisikan sebagai suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat

merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh oleh aktivitas daratan. (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2012).

Daerah Aliran Sungai (DAS) dapat dipandang sebagai suatu sistem, maka setiap ada masukan berupa curah hujan ke dalam ekosistem tersebut akan menghasilkan keluaran (output) berupa debit, muatan sediment dan material lainnya yang terbawa oleh aliran sungai. Di dalam suatu DAS terdapat sumber daya alam (SDA) dan sumber daya manusia (SDM) yang saling berinteraksi sehingga membentuk karakteristik yang berbeda antara satu DAS dengan DAS lainnya (Asdak, 2001).

Debit air di Daerah Aliran Sungai (DAS) berasal dari jumlah curah hujan yang jatuh di atasnya yang selanjutnya mengalami evapotranspirasi, infiltrasi, perkolasi, aliran permukaan, kandungan air tanah, dan aliran sungai. Curah hujan sebagai input akan berinteraksi dengan kondisi fisik dan morfometri DAS sehingga akan menghasilkan keluaran debit yang berbeda-beda. Aliran sungai mengangkut berbagai muatan sedimen dan material lainnya (Malahayati, 2009). Ada beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya aliran (debit) yaitu karakteristik topografi DAS, bentuk dan ukuran DAS, kemiringan lereng, karakteristik tata guna lahan dan karakteristik geologi. Data curah hujan, yaitu besarnya curah hujan yang terjadi berdasarkan besarnya debit sungai tahunan (Jailani, 2005). Berdasarkan permasalahan di atas maka penulis meneliti pengaruh kondisi fisik dan morfometri DAS terhadap debit dan *suspended load* DAS Yeh Ho.

2. Bahan dan Metode

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di wilayah DAS Yeh Ho yang meliputi daerah Kecamatan Selemadeg Timur, Penebel, dan Kerambitan pada November-Februari 2018.

2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah : cawan petri, oven tanah, kertas saring, botol air mineral, piringan aluminium, corong, *Laptop/PC, software QGIS 2.14 dan 2.18*, timbangan digital, dan penggaris, peta penggunaan lahan DAS Yeh Ho, peta tanah tinjau Bali, peta DAS Yeh Ho.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :Citra Satelit *world view* resolusi 0,5 meter dengan perekaman mulai dari Agustus 2013 sampai dengan Agustus 2015, peta batas administrasi, dan data debit 5 tahun terakhir (BPDAS 2010 dan BWS (Balai Wilayah Sungai)), sampel air (*suspended load*), dan data curah hujan.

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan tahapan penelitian berupa studi pustaka, survei lapangan dan pengambilan sampel air, analisis

kandungan lumpur, analisis morfometri DAS, Interpretasi citra satelit dan analisis hubungan antara morfometri DAS, debit air dan *suspended load*.

2.3.1 *Studi Pustaka*

Studi Pustaka merupakan metode pengumpulan data dengan mencari dan mengumpulkan pustaka-pustaka berupa informasi-informasi yang berkaitan dengan daerah penelitian dan bahan penulisan skripsi, seperti referensi tentang pemetaan batas DAS. Data dari metode studi pustaka ini merupakan data sekunder sebagai penunjang dalam penelitian ini.

2.3.2 *Analisis Citra Satelit*

Tahapan pertama yang dilakukan adalah menginterpretasi citra satelit world view resolusi 0,5 meter . Kemudian di analisis untuk mendapatkan nilai morfometri daerah aliran sungai (DAS), dan mengidentifikasi kelerengan daerah penelitian menggunakan citra DEM (SRTM).

2.3.3 *Analisis Karakteristik DAS*

Menentukan batas DAS dengan menggunakan citra satelit sehingga dapat ditentukan luas DAS, bentuk DAS, jumlah orde sungai, kerapatan sungai, panjang sungai utama, dan kemiringan DAS.

a. Luas dan Panjang DAS

Garis batas daerah-daerah aliran yang berdampungan disebut batas daerah pengaliran. Setelah diketahui batas DAS maka didapatkan pengukuran luas DAS, semakin luas suatu DAS, hasil akhir perhitungan yang diperoleh akan semakin besar karena hujan yang ditangkap juga semakin banyak. Panjang DAS adalah sama dengan jarak datar dari muara sungai ke arah hulu sepanjang sungai induk. Panjang sungai dapat diukur dengan menggunakan menu ruler pada software Qgis 2.18.18

b. Bentuk DAS

Bentuk DAS mempunyai pengaruh pada pola aliran sungai dan ketajaman puncak banjir. Bentuk DAS secara kuantitatif dapat diperkirakan dengan nilai nisbah kebulatan (circularity ratio/Rc), yaitu : $4\pi A/P^2$ dengan: Rc = faktor bentuk, A = luas DAS (km²), P = keliling (perimeter) DAS(km).

c. Orde dan tingkat percabangan sungai

Orde sungai adalah posisi percabangan alur sungai di dalam urutannya terhadap induk sungai di dalam suatu DAS. Pada umumnya dalam menentukan orde sungai yang paling mudah diterapkan adalah menggunakan metoda Strahler (1957).

d. Kerapatan sungai

Kerapatan aliran sungai dapat dihitung dari rasio total panjang jaringan sungai terhadap luas DAS yang bersangkutan. Kerapatan aliran dapat diperoleh persamaan :

$$Dd=L/A$$

yaitu: Dd = indeks kerapatan aliran sungai(km/km^2)

L = jumlah panjang sungai termasukpanjangananak-anak sungai (km)

A = luas DAS (km^2)

e. Kemiringan Sungai

Kemiringan sungai merupakan hubungan antara elevasi dasar sungai dan jarak yang diukur sepanjang sungai mulai dari ujung hulu sampai muara.. Air bergerak ke hilir karena pengaruh gaya gravitasi, sehingga semakin besar kemiringan semakin besar pula kecepatan aliran.

$$g = \text{Jarak Vertikal/Jarak Horisontal}$$

yaitu:

g = Gradien Sungai

J. Vertikal = Beda tinggi antara hulu dengan hilir (m)

J. Horisontal = Panjang sungai induk (m) (Soewarno,1991)

2.3.4 Analisis Debit

Data debit didapatkan dari data sekunder yang sudah diamati sebelumnya oleh lembaga dan instansi terkait di analisis dan diolah menggunakan Ms. ExcelSelanjutnya setelah dihasilkan data dari hasil pengukuran dicari rating curve debit dengan mencari hubungan antara tinggi muka air dengan debit menggunakan uji regresi pada data tinggi muka air dan data debit. Kemudian dihasilkan persamaan regresi dari rating curve debit yang dihasilkan.

2.3.5 Analisis Suspended load

Pengukuran dilakukan dengan mengambil sampel air yang terdapat pada sungai Yeh Ho, sampel di ambil berdasarkan pada variasi tinggi muka air. Kemudian dihasilkan hidrograf suspended load yang dianalisis dari data yang dihubungkan per satuan waktu. Selanjutnya setelah dihasilkan data dari hasil pengukuran dicari rating curve sediment dengan mencari hubungan antara tinggi muka air dengan suspended load menggunakan uji regresi pada data tinggi muka air dan data suspended load. Kemudian dihasilkan persamaan regresi dari rating curve sediment yang dihasilkan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Morfometri Daerah Aliran Sungai Yeh Ho

Data hasil pengamatan dan analisis citra satelit mengidentifikasi kondisi morfometri daerah aliran sungai Yeh Ho, kondisi daerah aliran sungai Yeh Ho disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Morfometri Daerah Aliran Sungai berdasarkan perhitungan.

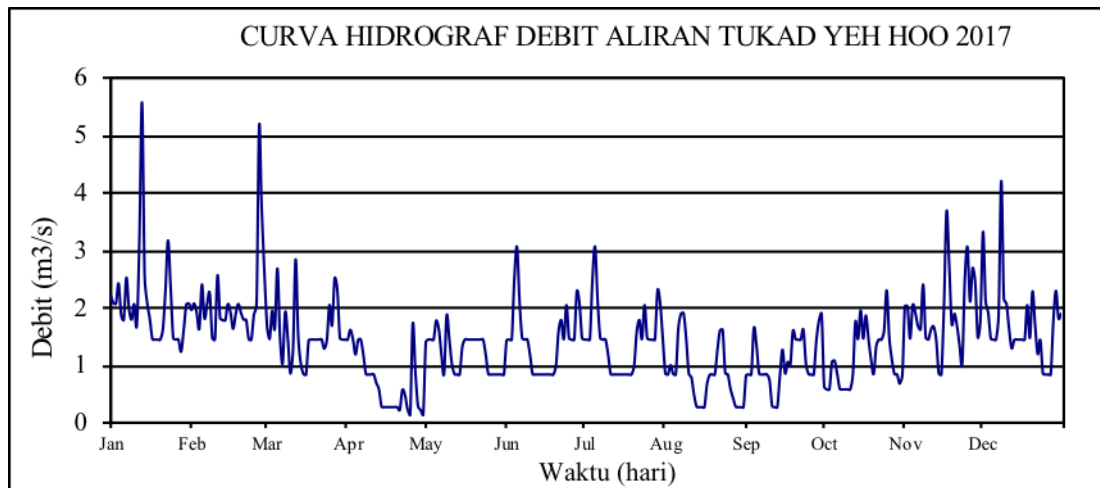
No	Morfometri DAS	Hasil
1.	Luas DAS	152,5979 km ² (DAS Sangat Besar)
2.	Panjang DAS	37,936 km
3.	Keliling DAS	77,534 km
4.	Jumlah panjang sungai dan panjang anak- anak sungai (km)	194,641 km
5.	Bentuk DAS	0,31882 (Memanjang)
6.	Orde Percabangan Sungai	4
7.	Kerapatan Sungai	5,131 km
8.	Kemiringan Sungai	G = Jarak Vertikal/ Horizontal = 1750/379,36 G = 4,613%

Sumber : Analisis Data dan Hasil Interpretasi citra

Tabel 1 menunjukkan hasil perhitungan morfometri Daerah Aliran Sungai Yeh Ho berdasarkan persamaan dan rumus. Berdasarkan hasil perhitungan didapat luas DAS Yeh Ho sebesar 152,5979 km² (Bina Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Perhutanan Sosial (2013)) DAS Yeh Ho termasuk ke dalam DAS yang sangat besar, panjang DAS sebesar 37,936 km yang merupakan panjang sungai utama pada DAS ini, dengan keliling 77,534 km, hal ini membuktikan bahwa DAS ini merupakan DAS yang sangat besar. Pada Tabel 4.1 Rc (*circulating ratio*) dari DAS Yeh Ho sebesar 0,31882, yang termasuk dalam kategori Rc < 0,5 yang menyatakan bahwa bentuk dari DAS ini adalah memanjang. Jumlah orde sungai pada DAS ini sebanyak 4 yang termasuk dalam Rb = 3 - 5 yaitu, alur sungai mempunyai kenaikan dan penurunan muka air banjir tidak terlalu cepat atau tidak terlalu lambat. Berdasarkan Rb yang didapat bahwa DAS Yeh Ho termasuk DAS dengan kondisi baik karena peningkatan debit dan penurunan debit air DAS Yeh Ho tidak berfluktuasi terlalu tinggi dengan kerapatan sungai sebesar 5,131 km.

3.2 Debit Sungai Yeh Ho

Pada tahun 2017 debit maksimum dalam periode 1 tahun sebesar 5,58 m³/dt dan debit minimumnya sebesar 0,13 m³/dt, hidrogaf fluktuasi debit daerah aliran sungai Yeh Ho tahun 2017 akan disajikan pada Gambar 1.

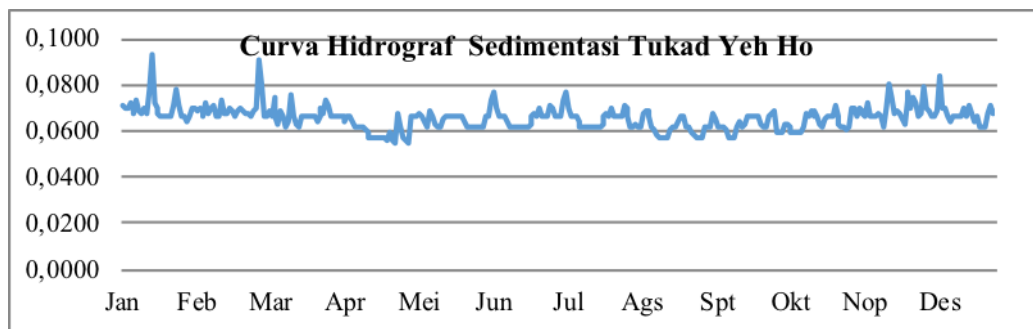


Gambar 1. Hidrogaf Debit Aliran DAS Yeh Ho Tahun 2017

Pada Gambar 1 hidrogaf debit aliran DAS Yeh Ho menunjukkan kondisi debit yang fluktuatif pada tahun 2017 dalam kurun waktu 1 tahun, data hidrogaf di analisis berdasarkan besarnya debit tiap harinya yang kemudian disajikan dalam grafik dalam periode 12 bulan. Dalam grafik tingkat fluktuasi debit harian yang mengalami peningkatan dan penurunan harian signifikan terdapat pada bulan-bulan dengan keadaan curah hujan tinggi dalam periode 1 bulan. Pada bulan-bulan lainnya kondisi grafik hidrogaf debit aliran daerah aliran sungai Yeh Ho terbilang cukup stabil dalam pengukuran harian.

3.3 *Suspended load Sungai Yeh Ho*

Grafik fluktuasi *Suspended load* daerah aliran sungai Yeh Ho disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Hidrogaf *Suspended load* DAS Yeh Ho Tahun 2017

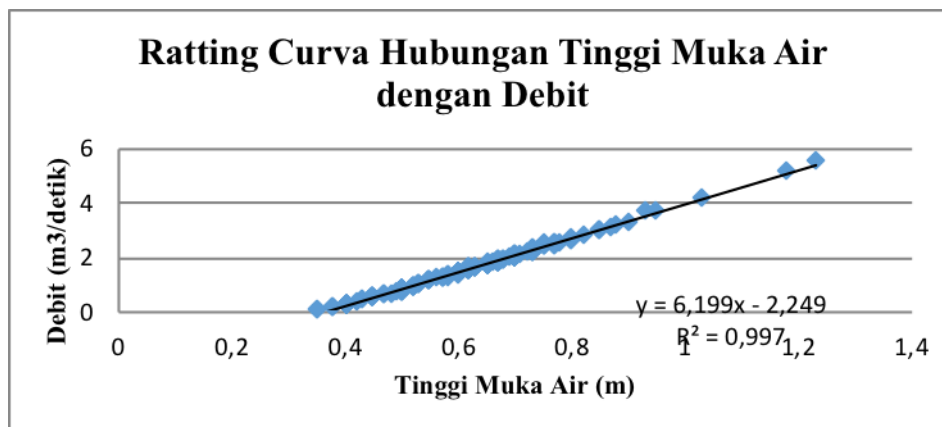
Pada Gambar 2 didapatkan bahwa nilai *suspended load* tertinggi pada Januari 2017 dan Maret 2017, dengan fluktuasi yang cukup signifikan pada bulan Januari, Maret, Nopember dan Desember 2017 yang terdapat kecuraman penurunan pada curva hidrogaf. Pada April sampai Oktober fluktuasi curva hidrogaf relatif lebih konstan dibandingkan Januari, Maret, Nopember dan Desember. Fluktuasi curva *suspended load* yang relative konstan pada DAS Yeh Ho menunjukkan bahwa

jumlah *suspended load* yang masuk ke dalam aliran DAS Yeh Ho pada tahun 2017 relatif konstan. Kemudian data di atas dihubungkan dengan tinggi muka air untuk menentukan *rating curve suspended load*.

3.4 Hubungan antara Tinggi Muka Air, Debit, dan Suspended Load

3.4.1 Hubungan antara Tinggi Muka Air (X) dengan Debit Aliran Air (Y)

Tingkat hubungan antara tinggi muka air dengan debit aliran air disajikan dalam grafik hubungan tinggi muka air dengan debit aliran air pada Gambar 3.

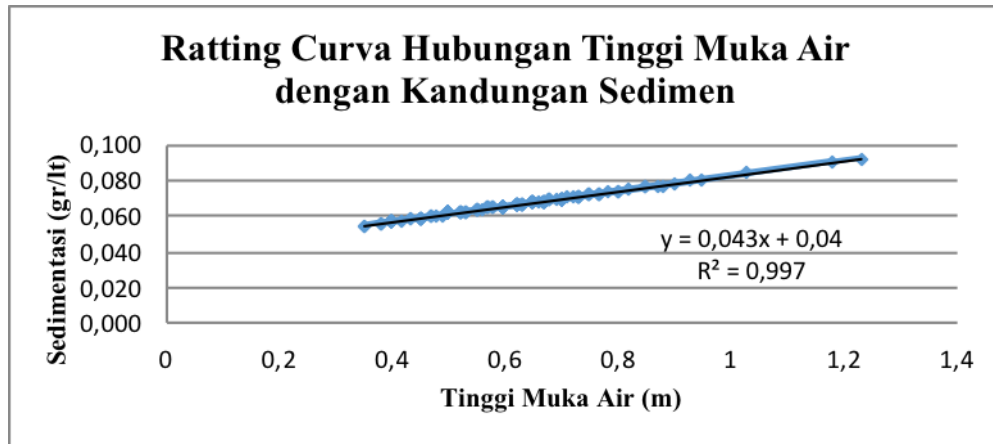


Gambar 3. Grafik Hubungan Tinggi Muka Air dengan Debit Aliran

Pada Gambar 3 dihasilkan bahwa, diiperoleh nilai R Square sebesar 0,997 yang berarti kontribusi atau pengaruh tinggi muka air terhadap debit sebesar 99,7%, atau dengan kata lain perubahan tinggi muka air mempengaruhi perubahan debit sebesar 99,7%. Interpretasi mengenai pengujian secara simultan diuji dengan Uji F. Diperoleh persamaan regresi (model duga) yaitu: $\text{Debit Rating Curve} = -2,249 + 6,199 \times \text{Tinggi Muka Air}$ atau $y = -2,249 + 6,199X$

3.4.2 Hubungan antara Tinggi Muka Air (X) dengan Suspended load (Y)

Tingkat hubungan antara tinggi muka air dengan *suspended load* disajikan dalam grafik hubungan tinggi muka air dengan *suspended load* pada Gambar 4.

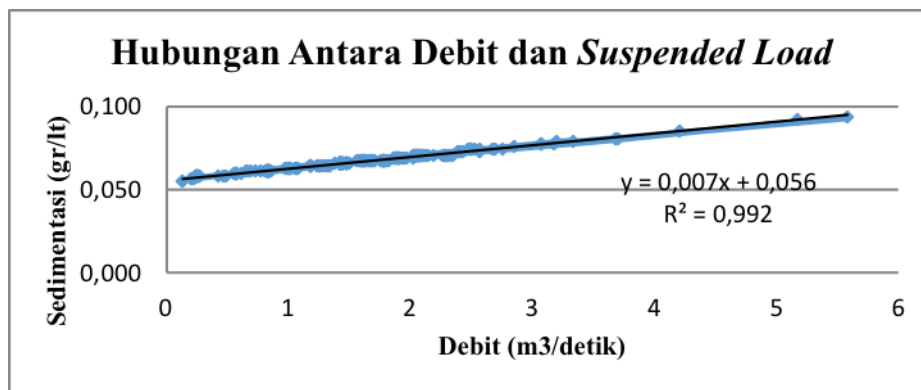


Gambar 4. Grafik Hubungan Tinggi Muka Air dengan *Suspended load*

Gambar 4 diperoleh nilai R Square sebesar 0,997 yang berarti kontribusi atau pengaruh tinggi muka air terhadap *suspended load* sebesar 99,7%, atau dengan kata lain tinggi muka air memberikan pengaruh sebesar 99,7% terhadap perubahan sedimentasi daerah aliran sungai Yeh Ho. Diperoleh persamaan regresi (Model Duga) yaitu : *Sediment Ratting curve* $\hat{=} 0,40 + 0,043 \times$ Tinggi Muka Air atau $y \hat{=} 0,40 + 0,043X$

3.4.3 Hubungan antara Debit Aliran (X) dengan *Suspended load* (Y)

Tingkat hubungan antara debit dengan *suspended load* disajikan dalam grafik hubungan tinggi muka air dengan *suspended load* pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Hubungan Debit dengan *Suspended load*

Gambar 5 diperoleh nilai R Square sebesar 0,992 yang berarti kontribusi atau pengaruh tinggi muka air terhadap *suspended load* sebesar 99,2%. Debit mempengaruhi perubahan *suspended load* sebesar 99,2%. Diperoleh persamaan regresi (Model Duga) : *suspended load* $\hat{=} 0,56 + 0,007x$ Debit atau $y \hat{=} 0,56 + 0,007X$.

3.5 Hubungan Morfometri DAS Yeh Ho dengan Debit dan *Suspended load* DAS Yeh Ho

Hubungan antara morfometri DAS dengan debit dan *suspended load* DAS Yeh Ho dianalisis dengan melakukan pembobotan terhadap pengaruh yang diberikan oleh masing-masing morfometri DAS. Pembobotan morfometri DAS disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Skor Morfometri DAS Yeh Ho

No	Morfometri DAS	Skor
1.	Luas DAS	15
2.	Bentuk DAS	15
3.	Orde Percabangan Sungai	30
4.	Kerapatan Sungai	60
5.	Kemiringan Sungai	G = 4,613%
Total Skor		120

Sumber : Analisis Daerah Penelitian

Hasil analisis pada Tabel 2 menunjukkan total skor yang dimiliki oleh DAS Yeh Ho sebesar 120 yang berarti DAS Yeh Ho termasuk dalam DAS dengan kategori (baik) yang memiliki debit puncak yang tinggi sehingga kemungkinan untuk terjadinya banjir sedikit, dalam mencapai debit puncak waktu yang diperlukan lebih lama karena bentuk DAS yang memanjang. Pengaruh masing-masing morfometri dibahas sebagai berikut:

a. Luas DAS

Dari perhitungan data dihasilkan Luas DAS Yeh Ho sebesar 152,5979 km² dimana berdasarkan ketentuan Bina Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Perhutanan Sosial (2013) DAS Yeh Ho termasuk ke dalam DAS yang sangat besar. Ukuran Yeh Ho yang tergolong sangat besar menunjukkan bahwa DAS ini memiliki suatu luasan wilayah yang dapat menampung dan menyimpan air hujan (presipitasi), kemudian mengalirkannya melalui saluran-saluran drainase alami seperti sungai dengan anak-anak sungai menuju ke laut

b. Profil Sungai Utama

Panjang DAS sebesar 37,936 km yang merupakan panjang sungai utama pada DAS ini, dengan keliling 77,534 km, hal tersebut bisa membuktikan bahwa DAS ini merupakan DAS yang sangat besar, mempengaruhi panjang aliran air yang dialirkan oleh DAS ini, yang akan mempengaruhi jumlah debit dan *suspended load* yang dibagi pada setiap percabangan sungainya.

c. Bentuk DAS

Bentuk DAS mempunyai pengaruh pada pola aliran sungai dan ketajaman puncak discharge banjir. Pada Tabel 2 dikatakan bahwa Rc (*circulating ratio*) dari

DAS Yeh Hoo sebesar 0,31882, $R_c < 0,5$ yang dinyatakan bahwa bentuk dari DAS ini adalah memanjang. Hal ini menunjukkan bahwa semakin panjang jalur aliran debit yang mengalir dalam daerah aliran sungai tersebut dan besarnya daerah aliran sungai Yeh Ho menghasilkan semakin meluasnya daerah tangkapan air yang bisa di terima oleh sungai dari masing-masing percabangan hulu Yeh Ho, Ini memberi gambaran adanya waktu konsentrasi yang diperlukan semakin lama sehingga fluktuasi banjir semakin rendah (Rahayu dkk, 2009 dalam Talakua S.M., 2009).

d. Jumlah Orde (percabangan sungai)

Jumlah orde sungai pada DAS ini sebanyak 4 yang termasuk dalam $R_b = 3 - 5$ dimana, alur sungai mempunyai kenaikan dan penurunan muka air banjir tidak terlalu cepat atau tidak terlalu lambat yang ditunjukkan pada gambar 4.7 (grafik hidrogaf debit daerah aliran sungai Yeh Ho tahun 2017). Pola aliran atau susunan sungai pada suatu DAS merupakan karakteristik fisik setiap drainase basin yang penting karena pola aliran sungai mempengaruhi efisiensi sistem drainase serta karakteristik hidrogafis dan pola aliran menentukan bagi pengelola DAS untuk mengetahui kondisi tanah dan permukaan DAS khususnya tenaga erosi.

e. Kerapatan sungai

Semakin besar nilai D_d semakin baik sistem pengaliran (drainase) di daerah tersebut. Artinya, semakin besar jumlah Aliran Permukaan total (semakin kecil infiltrasi) dan semakin kecil air tanah yang tersimpan di daerah tersebut. Dari hasil analisis dengan QGIS 2.18, didapat $D_d = 5,131 \text{ km/km}^2$. Maka kepadatan daerah aliran sungai Yeh Ho adalah sebesar $5,131 \text{ km/km}^2$. Berdasarkan kriteria Kementerian Kehutanan (2010), maka kepadatan sungai DAS Yeh Ho, tergolong dalam kelas kerapatan sedang, yang mengindikasikan banyak air yang dapat tertampung di badan-badan sungai tergolong sedang tingkat kerapatan sungai termasuk dalam kerapatan sedang, hal tersebut menunjukan bahwa Alur sungai melewati batuan dengan resistensitas yang lebih lunak, sehingga angkutan sedimen yang tersangkut aliran akan lebih besar. (Soewarno, 1991)

f. Kemiringan sungai

DAS Yeh Ho memiliki kemiringan sungai utama sebesar 4,613% yang termasuk dalam kategori datar sehingga kecepatan aliran debit mencapai *outlet* cukup lama dan waktu konsentrasi aliran semakin panjang.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Simpulan

1. Hubungan antara tinggi muka air dengan debit dinyatakan dalam rumus regresi debit rating curve : $y = -2,249 + 6,199X$, hubungan antara tinggi muka air dengan suspended load dinyatakan dalam rumus regresi suspended load rating curve :

$y=0,40+0,043X$, dan hubungan antara debit dan suspended load dinyatakan dalam rumus regresi linear : $y=0,56 + 0,007X$.

2. DAS Yeh Ho termasuk dalam DAS dengan kategori (baik) yang memiliki debit puncak yang tinggi sehingga kemungkinan untuk terjadinya banjir sedikit, dalam mencapai debit puncak waktu yang diperlukan lebih lama karena bentuk DAS yang memanjang, nilai kemiringan sungai sebesar 4,613% menunjukkan kecepatan debit aliran untuk mencapai outlite dapat dikatakan lambat karena tingkat kemiringan sungai

4.2 *Saran*

Perlu adanya penelitian dan pengamatan lebih lanjut mengenai debit dan *Suspended load* lebih lanjut untuk menentukan besarnya pengaruh morfometri dan sifat fisik daerah aliran sungai terhadap perubahan debit dan *suspended load*.

Daftar Pustaka

- Arsyad, S.2010. *Konservasi Tanah dan Air*. IPB Press.Bogor.
- Asdak, C. 2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. UGM Press. Yogyakarta.
- Driyogo, Yuwono Wikan. Satriadi, Alfi.dan Hariadi. 2013. *Influks Sedimen dan Laju Sedimentasi di Perairan Muara Sungai Banger, Pekalongan Jawa Tengah*. Jurnal Oseanografi. Vol 2, No 3, Hal 293-298.Semarang
- Irsyad F. 2011. *Analisis Debit Sungai Cidanau dengan Aplikasi SWAT*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Jailani. 2005. *Kajian Debit Banjir Sungai Way Laay Kecamatan Karya Penggawas Kabupaten Lampung Barat*, Tesis Master, ITB.
- Malahayati S.Y. 2009. *Kajian Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Respon Hidrologi Pada DAS Cirasea Menggunakan Model MWSWAT*.Surabaya
- Republik Indonesia. 2012. *PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA NOMOR 37 TAHUN 2012 TENTANG PENGELOLAAN DAERAH ALIRAN SUNGAI*. Jakarta
- Strahler, A.N, 1957. "Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology", Transactions, American Geophysical Union, 38(6), 913- 920
- Sunarta, I N. 2017. *Penuntun Praktikum Agohidrologi*. Universitas Udayana Denpasar.