

## Analisis Pengaruh Pembagian Daerah Aliran Sungai Dalam Analisis Debit Banjir Rencana (Studi Kasus DAS Menengan Kabupaten Tuban)

Dyan Eka Nurhayati<sup>1,\*</sup>, Novi Andriany Teguh<sup>2</sup>

Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Surabaya<sup>1</sup>, Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya<sup>2</sup>

Koresponden\*, Email: [dyaneka@itats.ac.id](mailto:dyaneka@itats.ac.id)

Info Artikel		Abstract
Diajukan	06 Januari 2023	<i>The flood discharge of a watershed is influenced by the division of the area of the watershed or sub-watershed. This study uses two methods to find the appropriate watershed area distribution in the theoretical flood discharge closest to the existing flood discharge in the Menengan watershed. In the first method, the overall watershed area is 114.04 km<sup>2</sup> with a length of the main river of 19.11 km. Meanwhile, in the second method, the watershed is divided into three sub-watersheds with respective areas of 14.05 km<sup>2</sup>, 45.87 km<sup>2</sup> and 54.12 km<sup>2</sup>, and the length of the main river is 3.46 km, 7.65 km and 8 km respectively. The results show that by dividing the watershed into three sub-watersheds, a flood discharge of 120.86 m<sup>3</sup>/s is obtained which close to the existing flood discharge of 135.075 m<sup>3</sup>/s with a maximum tide elevation control of +2.2 m.</i>
Diperbaiki	11 Mei 2023	
Disetujui	17 Mei 2023	

*Keywords: watershed, flood discharge, time of concentration, synthetic unit hydrograph, nakayasu.*

**Abstrak**  
Debit banjir suatu DAS dipengaruhi oleh pembagian luas DAS atau Sub DAS. Tujuan studi ini adalah untuk mengetahui pembagian luas DAS yang tepat dalam analisis debit banjir secara teoritis yang paling mendekati debit banjir eksisting di DAS Menengan. Penentuan luas DAS pada studi kasus ini dibagi menjadi dua metode, yang pertama yaitu luas DAS secara keseluruhan, dan yang kedua adalah DAS dibagi menjadi tiga Sub DAS. Pada metode pertama, luas DAS keseluruhan adalah 114,04 km<sup>2</sup> dengan panjang sungai utama sebesar 19,11 km. Sedangkan, pada metode kedua, DAS terbagi menjadi tiga Sub DAS dengan luasan masing-masing 14,05 km<sup>2</sup>, 45,87 km<sup>2</sup>, dan 54,12 km<sup>2</sup>, serta panjang sungai utama masing-masing 3,46 km, 7,65 km, dan 8 km. Hasil analisis menunjukkan bahwa dengan membagi DAS menjadi tiga Sub DAS diperoleh debit banjir sebesar 120,86 m<sup>3</sup>/det yang mendekati nilai debit banjir di lapangan sebesar 135,075 m<sup>3</sup>/det dengan kontrol elevasi pasang air laut maksimum +2,2 m.

Kata kunci: daerah aliran sungai, debit banjir, waktu konsentrasi, hidrograf satuan sintetik, nakayasu.

### 1. Pendahuluan

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan wilayah yang dibatasi punggung bukit yang dapat menampung air hujan yang akan dialirkan ke sungai dan menuju laut [1]. Pembagian DAS dapat terbagi secara fisik, yaitu hulu, tengah, dan hilir. Faktor pembagian wilayah DAS sangat penting dalam analisis debit banjir DAS, karena bentuk DAS mempengaruhi bentuk hidrograf, serta waktu puncak dan waktu turun banjir [2]. Hal ini selaras dengan penentuan distribusi hujan yang akan berubah dengan adanya pembagian DAS yang berbeda dimana disebabkan oleh jumlah dan jenis stasiun hujan yang berpengaruh [3].

Hambali, R [4] melakukan analisis debit banjir untuk beberapa tipe bentuk DAS. Berdasarkan bentuk DAS tersebut, maka besar debit banjir dipengaruhi pula oleh panjang sungai utama. Selain itu, bentuk DAS juga dapat ditunjukkan dengan parameter faktor bentuk DAS (FD) yang didefinisikan sebagai rasio antara keliling DAS (K) dengan

luas DAS (A) (km/km<sup>2</sup>), dimana dapat digunakan sebagai salah satu variabel dalam pemodelan hidrograf satuan sintetik, disamping variabel luas DAS (A) dan panjang sungai terpanjang (L) [5].

Selain bentuk DAS dan panjang sungai yang menentukan potensi banjir yang akan terjadi, karakteristik kemiringan lereng, analisis kelompok hidrologi tanah (HSG), *Antecedent Precipitation Index* (API) dan kurva limpasan, juga merupakan indikator penentu [6]. Bentuk DAS dapat menggambarkan potensi peluang terjadinya banjir pada DAS. Triono, N. D. [7] membandingkan antara DAS yang memiliki bentuk jejaringan sub DAS radial atau bentuk DAS yang membulat dengan DAS lainnya yang memiliki bentuk jejaringan sub DAS paralel maupun bulu burung atau bentuk DAS yang memanjang dan menemukan bahwa potensi peluang terjadinya banjir terbesar dimiliki oleh DAS berbentuk radial.

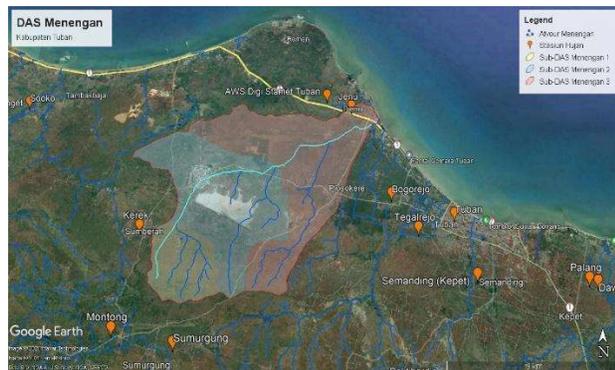
Pada studi ini akan dilakukan perbandingan debit banjir secara teoritis dengan debit banjir yang terjadi di lapangan. Debit banjir secara teoritis akan dianalisis dengan luasan DAS utuh dan membagi DAS menjadi beberapa Sub DAS menggunakan HSS Nakayasu. Pendekatan secara teoritis ini dapat dilakukan karena tidak terdapat pencatatan debit terukur pada DAS [8]. Berdasarkan hasil analisis dengan dua metode penentuan luas DAS tersebut, maka dapat ditentukan pembagian DAS yang sesuai dengan kondisi eksisting lapangan.

## 2. Metode

Pada studi ini akan dilakukan perbandingan antara debit banjir DAS Menengan hasil analisis teoritis dengan nilai yang terjadi di lapangan. Metode analisis debit banjir secara teoritis pada studi ini adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan data primer berupa data geometri Afvour Menengan di bagian hilir
2. Pengumpulan data sekunder berupa peta RBI, peta jaringan sungai, peta jaringan irigasi, peta sebaran pos hujan, data curah hujan harian, dan pasang air laut
3. Perhitungan curah hujan rancangan dan debit banjir rancangan
4. Penentuan muka air banjir dengan kondisi eksisting Afvour Menengan

DAS Menengan terletak di sebelah utara Pulau Jawa, tepatnya di Kabupaten Tuban, Provinsi Jawa Timur (**Gambar 1**).

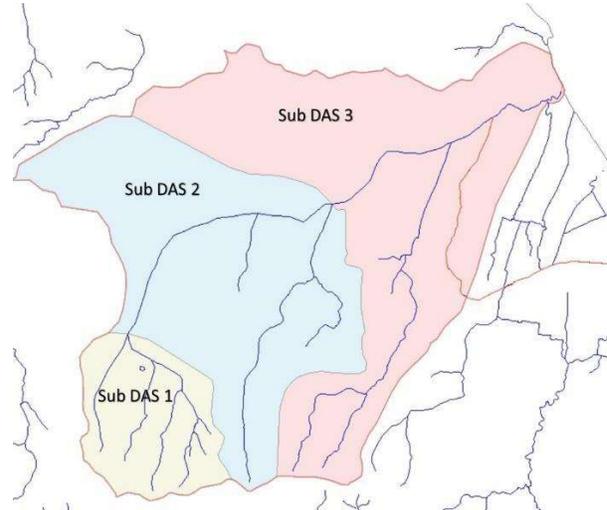


**Gambar 1.** DAS Menengan dan Afvour Menengan Kabupaten Tuban

Besarnya debit banjir teoritis DAS Menengan pada studi ini akan dihitung dengan dua cara. Cara pertama, dengan menghitung keseluruhan DAS Menengan tanpa membagi menjadi Sub DAS dan cara kedua yaitu DAS Menengan dibagi menjadi tiga Sub DAS. Pemetaan Sub DAS dilakukan berdasarkan kerapatan sungai, dimana sungai di bagian hulu

akan bermuara menuju sungai utama. Pembagian Sub DAS Menengan dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Perbedaan pembagian DAS tersebut mempengaruhi pos hujan yang digunakan untuk analisis curah hujan rancangan seperti penjelasan pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**. Studi ini akan menghitung debit banjir teoritis antara DAS Menengan dan Sub-DAS Menengan, serta membandingkannya dengan debit banjir yang sebenarnya terjadi di lapangan.



**Gambar 2.** Pembagian Sub DAS Menengan

**Tabel 1.** Pos hujan pada DAS Menengan

Nama DAS	Luas DAS (km <sup>2</sup> )	Panjang Sungai Utama (km)	Pos Hujan
DAS Menengan	114,04	19,11	Kerek, Sumurgung, dan Jenu

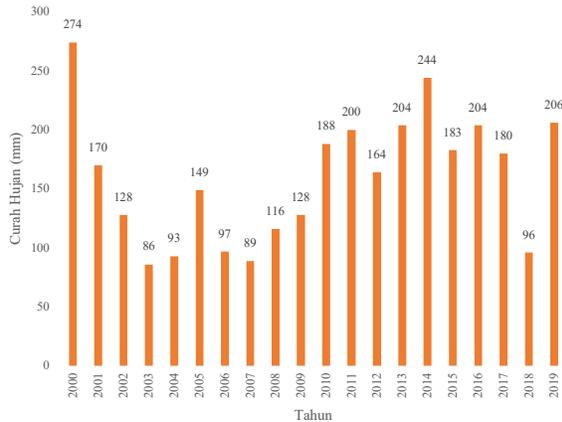
**Tabel 2.** Pos hujan pada Sub DAS Menengan

Nama DAS	Luas DAS (km <sup>2</sup> )	Panjang Sungai Utama (km)	Pos Hujan
Sub DAS Menengan 1	14,05	3,46	Kerek dan Sumurgung
Sub DAS Menengan 2	45,87	7,65	Kerek dan Sumurgung
Sub DAS Menengan 3	54,12	8,00	Bogorejo dan Jenu
Total	114,04	19,11	

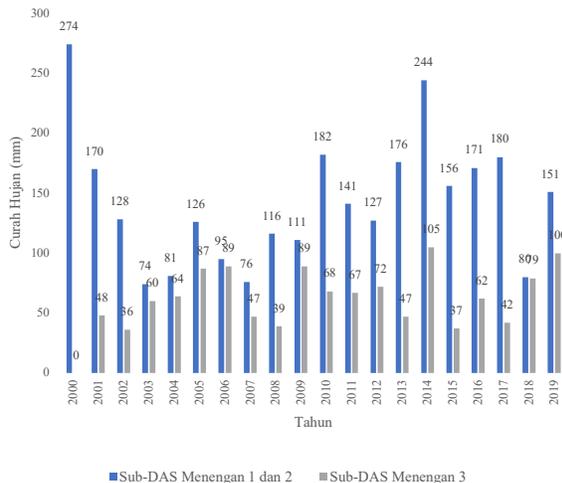
Data Hujan Harian Maksimum Tahunan yang digunakan pada analisis studi ini yaitu sepanjang 20 tahun, dimulai tahun 2000 hingga 2019 seperti pada **Gambar 3** dan **Gambar 4**. Metode distribusi yang digunakan untuk analisis curah hujan rancangan dipilih berdasarkan metode distribusi yang memenuhi syarat nilai Ck dan Cs pada **Tabel 3**.

**Tabel 3.** Syarat pemilihan distribusi [9]

Metode	Ck	Cs
Gumbel	< 5,4	< 1,14
Log Person III	Bebas	Bebas
Normal	3	0



**Gambar 3.** Curah hujan harian maksimum tahunan DAS Menengan tahun 2000 – 2019 [10]



**Gambar 4.** Curah hujan harian maksimum tahunan Sub DAS Menengan tahun 2000 – 2019 [10]

Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) merupakan suatu metode untuk mendapatkan debit banjir rancangan berdasarkan data karakteristik DAS. Analisis hidrograf satuan sintetis dapat dilakukan dengan beberapa metode, diantaranya metode HSS Nakayasu, HSS Gama I, HSS ITB, dan HSS Limantara.

Analisis debit banjir rancangan pada studi ini menggunakan HSS Nakayasu. Metode ini dipilih berdasarkan pertimbangan tersedianya data fisik DAS yang

meliputi Luas DAS, Panjang Sungai, dan Curah Hujan. Besarnya debit banjir puncak dengan metode HSS Nakayasu dapat dihitung menggunakan Persamaan 1 [11].

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \left( \frac{AR_e}{0,3T_p + T_{0,3}} \right) \tag{1}$$

Keterangan:

$Q_p$  : debit puncak banjir ( $m^3/det$ )

$A$  : luas ( $km^2$ )

$R_e$  : curah hujan efektif ( $mm$ )

$T_p$  : waktu dari permulaan banjir hingga puncak hidrograf (jam), dihitung dengan Persamaan 2.

$T_{0,3}$  : waktu dari puncak banjir hingga 0,3 kali debit puncak (jam), dihitung dengan Persamaan 3.

Parameter yang digunakan pada persamaan HSS Nakayasu diatas diperoleh dari data-data sekunder yang dianalisis. Luas DAS diperoleh dari peta topografi, sedangkan curah hujan efektif diperoleh dari perhitungan analisis curah hujan harian maksimum.

$$T_p = t_g + 0,8t_r \tag{2}$$

$$T_{0,3} = \alpha t_g \tag{3}$$

Keterangan:

$t_g$  : waktu konsentrasi (jam)

$t_r$  : 0,5 sampai 1  $t_g$

$\alpha$  : koefisien daerah pengaliran

Koefisien nilai alpha ( $\alpha$ ) pada HSS Nakayasu harus menghasilkan nilai mendekati satu untuk perbandingan nilai antara volume HSS dan luas DAS, dengan rentang nilai alpha ( $\alpha$ ) yaitu 1,5 hingga 3 [12]

Setelah mendapatkan hasil analisis debit banjir, akan dianalisis penelusuran debit banjir sungai, sehingga dapat diketahui volume tampungan banjir di alur sungai menggunakan Persamaan 4-8 [2].

$$O_2 = C_0I_2 + C_1I_1 + C_2O_1 \tag{4}$$

$$C_0 = - \frac{kx-0,5t}{k-kx+0,5t} \tag{5}$$

$$C_1 = \frac{kx-0,5t}{k-kx+0,5t} \tag{6}$$

$$C_2 = \frac{k-kx-0,5t}{k-kx+0,5t} \tag{7}$$

$$C_0 + C_1 + C_2 = 1 \tag{8}$$

Keterangan:

$O$  : aliran keluar ( $m^3/det$ )

$I$  : aliran masuk ( $m^3/det$ )

- k : perkiraan waktu perjalanan air sungai (jam)  
 x : faktor pembobot (0-0,5)

### 3. Hasil dan Pembahasan

Untuk mencapai tujuan studi ini, dilakukan beberapa analisis yang meliputi analisis curah hujan rancangan, analisis debit banjir rancangan, penelusuran banjir sungai, dan analisis muka air banjir.

#### Analisis Curah Hujan Rancangan

Berdasarkan hasil perhitungan nilai Ck dan Cs yang disajikan pada **Tabel 4** beserta syarat pemilihan distribusi pada **Tabel 3**, metode distribusi analisis curah hujan rancangan yang sesuai untuk studi ini adalah Distribusi Gumbel dan Log Pearson III.

**Tabel 4.** Perhitungan nilai Ck dan Cs

DAS	Ck	Cs
DAS Menengan	2,70	0,26
Sub DAS Menengan 1 dan 2	2,92	0,82
Sub DAS Menengan 3	1,56	0,35

Kondisi Afvour Menengan di lapangan mengalami *overtopping* setiap tahun, sehingga dengan kondisi tersebut maka periode ulang yang digunakan pada studi ini adalah periode ulang satu tahun. Hasil analisis curah hujan rancangan disajikan pada **Tabel 5**.

**Tabel 5.** Curah hujan rancangan periode ulang 1 tahun

Titik Tinjau DAS	Hujan Rancangan (mm)	
	Gumbel	Log Pearson III
DAS Menengan	53,83	61,68
Sub DAS Menengan 1 dan 2	38,40	56,06
Sub DAS Menengan 3	22,87	27,03

Berdasarkan **Tabel 5**, diketahui bahwa nilai curah hujan rancangan untuk masing-masing titik tinjau pembagian DAS memiliki nilai lebih besar dengan metode distribusi Log Pearson III. Sehingga nilai curah hujan rancangan yang dipilih adalah nilai yang dihasilkan oleh metode distribusi Log Pearson III yaitu sebesar 61,68 mm, 56,06 mm, dan 27,03 mm.

Hasil analisis distribusi pada **Tabel 5** yang berbeda untuk masing-masing DAS, membuktikan bahwa jenis distribusi yang sesuai untuk masing-masing DAS berbeda walau berdekatan, sesuai dengan jumlah pos hujan dan ketersediaan data yang berpengaruh [3].

#### Analisis Debit Banjir Rancangan dan Penelusuran Banjir Sungai

Berdasarkan Persamaan 1, didapatkan hasil perhitungan debit banjir dengan HSS Nakayasu sesuai **Tabel 6**.

**Tabel 6.** Debit banjir dan penelusuran banjir sungai DAS Menengan

Titik Tinjau	Alpha ( $\alpha$ )	Waktu Puncak (jam)	HSS Nakayasu ( $m^3/det$ )	Penelusuran Banjir Sungai ( $m^3/det$ )
DAS Menengan - Muara	1,5	2,72	186,04	161,50

Berdasarkan hasil analisis pada **Tabel 6**, dengan nilai alpha ( $\alpha$ ) 1,5 didapatkan jam puncak terjadi banjir adalah pada waktu ke 2,72 jam dengan debit puncak sebesar 186,04  $m^3/det$ . Hasil penelusuran banjir sungai pada DAS Menengan hingga Muara sesuai dengan Persamaan 2 didapatkan penurunan debit menjadi 161,50  $m^3/det$ .

**Tabel 7.** Debit banjir dan penelusuran banjir sungai Sub DAS Menengan

Titik Tinjau	Alpha ( $\alpha$ )	Waktu Puncak (jam)	HSS Nakayasu ( $m^3/det$ )	Penelusuran Banjir Sungai ( $m^3/det$ )
Sub DAS Menengan 1 - 2	2	1,90	37,23	33,04
Sub DAS Menengan 2 -3	2	3,00	97,75	91,16
Sub DAS Menengan 3 - Muara	2	3,00	130,37	120,86

Analisis debit banjir pada Sub DAS Menengan memiliki waktu puncak yang berbeda. Berdasarkan pembagian DAS dan konsep pengaliran debit pada sistem DAS, maka hasil yang digunakan sebagai perbandingan adalah titik tinjau Sub DAS Menengan 3 hingga Muara. Nilai debit pada titik tinjau tersebut, telah memperhitungkan debit yang berasal dari Sub DAS Menengan 1 dan 2.

Berdasarkan **Tabel 6** dan **Tabel 7**, diketahui bahwa nilai alpha ( $\alpha$ ) dan jam puncak terjadinya debit banjir maksimum kedua pembagian DAS berbeda. Waktu puncak titik tinjau DAS Menengan – Muara adalah pada jam ke-2,72, sedangkan untuk titik tinjau Sub DAS Menengan 3 – Muara adalah pada jam ke-3,00, dengan nilai alpha ( $\alpha$ ) adalah 2.

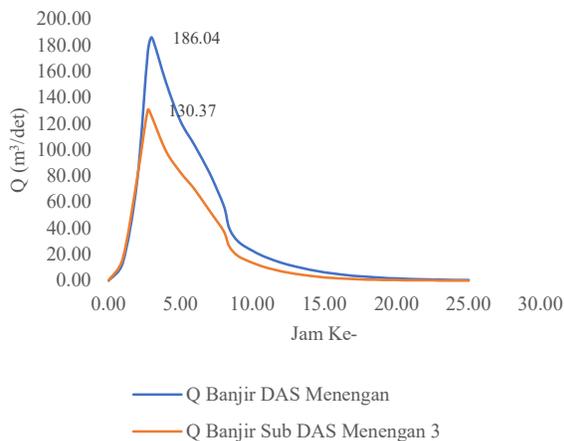
Perbedaan besarnya debit banjir dan waktu puncak banjir pada kedua titik tinjau tersebut, seperti yang disajikan pada **Gambar 5**, membuktikan hasil penelitian yang dilakukan oleh Hambali [4] yang menyatakan bahwa debit banjir pada DAS dipengaruhi oleh masing-masing panjang sungai utama

dan bentuk DAS. Selain itu terjadinya curah hujan efektif yang berbeda pada masing-masing Sub DAS berdasarkan tinggi hujan di masing-masing pos hujan juga mempengaruhi nilai debit banjir [13].

Titik tinjau Sub DAS Menengan 3 memiliki nilai debit dan waktu puncak yang berbeda dengan DAS Menengan. Perbedaan ini disebabkan oleh adanya waktu konsentrasi yang berbeda dari hulu sungai hingga pertemuan sungai pada masing-masing Sub DAS [1].

Afvour Menengan memiliki volume tampungan pada badan sungai, sehingga tidak semua debit banjir yang terjadi mengalir menuju *outlet*. Sehingga pada titik tinjau DAS Menengan, debit banjir yang semula sebesar 186,04 m<sup>3</sup>/det mengalami penurunan menjadi sebesar 161,50 m<sup>3</sup>/det. Sedangkan untuk Sub DAS Menengan 3, debit banjir yang semula sebesar 130,37 m<sup>3</sup>/det berkurang menjadi 120,22 m<sup>3</sup>/det.

Hasil penelusuran banjir pada DAS Menengan dan Sub DAS Menengan 3 disajikan pada **Gambar 6**.

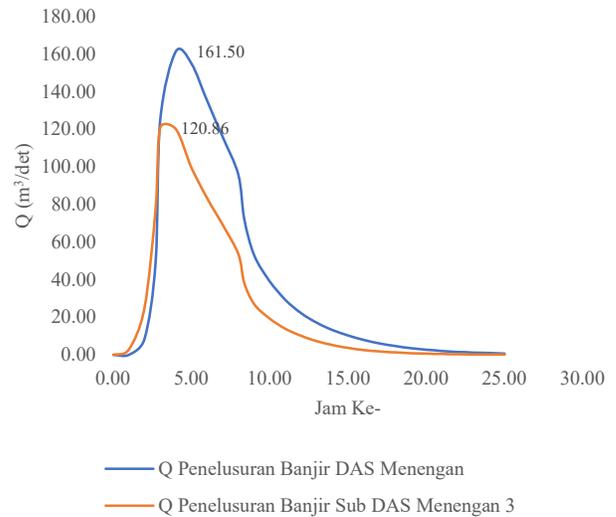


**Gambar 5.** Hidrograf banjir rancangan Afvour Menengan metode Nakayasu

**Analisis Muka Air Banjir**

Titik tinjau Afvour Menengan pada studi ini adalah di bagian hilir, yaitu pada jembatan yang berada di Jalan Raya Tuban. Kondisi sungai di outlet dipengaruhi oleh kondisi pasang air laut. Berdasarkan data BMKG Maritim, perairan di wilayah Tuban memiliki elevasi pasang laut tertinggi +2,2 m di tahun 2019. Pada titik tinjau, kondisi jembatan tidak pernah terendam air. Muka air tertinggi berada di gelagar bawah jembatan dengan elevasi +2,2 m. Sehingga dengan data tersebut, maka dapat dianalisis hubungan antara tinggi air, debit, dan elevasi muka air (*rating curve*) sesuai geometri sungai seperti pada **Tabel 8**.

Berdasarkan hasil penelusuran banjir dan *rating curve*, debit banjir yang sesuai dengan kondisi lapangan seharusnya tidak lebih besar dari 135,075 m<sup>3</sup>/det, dimana elevasi muka air tertinggi +2,2 m.



**Gambar 6.** Hidrograf penelusuran banjir rancangan Afvour Menengan

**Tabel 8.** Hubungan antara H – Q – Elevasi Muka Air

B (m)	H (m)	A (m <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /det)	Elevasi Muka Air
20	0	0	0	-0,54
20	0,5	10,00	9,021	-0,04
20	1,00	20,00	27,766	0,46
20	1,50	30,00	52,981	0,96
20	2,00	40,00	83,183	1,46
20	2,50	50,00	117,417	1,96
20	2,74	54,80	135,075	2,20

Berdasarkan hasil analisis pada **Tabel 6**, **Tabel 7**, dan **Tabel 8** maka dapat diketahui bahwa nilai analisis debit banjir rencana yang mendekati terjadinya banjir pada kondisi eksisting Afvour Menengan adalah dengan membagi DAS menjadi Sub DAS dengan debit banjir sebesar 120,86 m<sup>3</sup>/det.

Perbandingan analisis debit banjir dengan kondisi eksisting banjir di lapangan pada studi ini membuktikan hasil studi yang dilakukan Syofyan [14] dan Februanto dkk [15], bahwa debit analisis debit banjir perlu dilakukan kalibrasi dengan kondisi di lapangan untuk memperkecil persentase kesalahan. Selain itu, hasil analisis studi kasus ini juga selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Susanti dkk [16] yang menyatakan bahwa debit banjir suatu DAS dapat dipengaruhi oleh pembagian pola aliran sungai berdasarkan kerapatan

orde sungai, sehingga mempengaruhi waktu konsentrasi puncak banjir.

#### 4. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis studi kasus ini, diketahui bahwa dengan membagi DAS menjadi beberapa Sub DAS memiliki nilai debit banjir yang mendekati sama dengan yang terjadi di lapangan. Kontrol yang dapat digunakan sebagai kalibrasi pada studi ini adalah elevasi muka air pasang maksimum, yaitu +2,2 m. Pada kondisi eksisting di lapangan, jembatan di muara Afvour Menengan tidak pernah terendam, sehingga hal tersebut dapat dijadikan acuan untuk penentuan debit yang dapat tertampung dengan geometri Afvour Menengan eksisting, yaitu 135 m<sup>3</sup>/det. Hasil analisis debit banjir rancangan dengan membagi menjadi tiga Sub DAS adalah 120,86 m<sup>3</sup>/det.

Rekomendasi untuk penelitian selanjutnya pada topik pembahasan ini adalah perlu adanya pemetaan lebih detail terhadap pembagian Sub DAS Menengan berdasarkan pembagian orde sungai, mulai dari orde 1 hingga 5. Sehingga dapat didetailkan pula tata guna lahan untuk masing-masing pembagian Sub DAS.

#### Daftar Pustaka

- [1] C. Asdak, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2014.
- [2] L. Montarcih, *Hidrologi Teknik Terapan*. Malang: CV. Asrori, 2009.
- [3] M. Fauzi, Rinaldi, and Y. Handayani, "Pemilihan Distribusi Frekuensi Hujan Harian Maksimum Tahunan Pada Wilayah Sungai Akuaman Provinsi Sumatera Barat," *J. Sains Dan Teknol.*, vol. 11, no. 1, pp. 18–24, 2012.
- [4] R. Hambali, "Analisis Hubungan Bentuk DAS Dengan Debit Banjir Studi Kasus: DAS Kali Pesanggrahan, DAS Kali Krukut, dan DAS Kali Cipinang," *Fakt. Exacta*, vol. 10, no. 4, pp. 389–400, 2017.
- [5] D. A. Yani and E. Suhartanto, "Model Debit Puncak Banjir Berdasarkan Faktor Bentuk DAS Untuk Sungai-Sungai di Sulawesi Selatan," *Reka Buana J. Ilm. Tek. Sipil Dan Tek. Kim.*, vol. 4, no. 1, pp. 8–15, 2019.
- [6] C. Azizah *et al.*, "Karakteristik Hidrologi Dan Dampaknya Terhadap Banjir Daerah Aliran Sungai Jambo Aye Di Aceh Indonesia," *J. Penelit. Pengelolaan Drh. Aliran Sungai*, vol. 5, no. 2, pp. 171–184, 2021.
- [7] N. D. Triono, "Kajian Hubungan Geomorfologi DAS dan Karakteristik Hidrologi," Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2010.
- [8] E. B. Nugrahanto, S. Suprayogi, M. P. Hadi, and R. Rahmadwiati, "Analisis Debit Banjir Rancangan Dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu Di Sub DAS Keduang," *J. Penelit. Pengelolaan Drh. Aliran Sungai*, vol. 6, no. 2, pp. 111–124, 2022.
- [9] S. Harto, *Analisis Hidrologi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 1993.
- [10] "Data Hujan Harian Maksimum Tahunan Kabupaten Tuban." Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Tuban, 2020.
- [11] B. Triatmodjo, *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset, 2019.
- [12] "Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana (SNI 2415:2016)." Standar Nasional Indonesia, 2016.
- [13] B. A. Prabawa, "Studi Karakteristik Hidrologi Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Jirak Menggunakan Time Series Analysis," *J. Penelit. Pengelolaan Drh. Aliran Sungai*, vol. 4, no. 1, pp. 37–52, 2020.
- [14] Syofyan, "Kalibrasi Data Curah Hujan Dengan Data Debit Pada Aliran Sungai Batang Agam," *J. Tek. Sipil ITP*, vol. 3, no. 1, 2016.
- [15] A. J. Februanto, L. M. Limantara, and J. S. Fidari, "Analisis Curah Hujan Serial Terhadap Debit Maksimum di Sub DAS Lesti, DAS Brantas, Provinsi Jawa timur," *J. Teknol. Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, vol. 1, no. 2, pp. 826–838, 2021.
- [16] T. Susanti, M. Suprpto, and A. Y. Muttaqien, "Pola Aliran Banjir Berdasarkan Karakteristik DAS Lengayang Provinsi Sumatera Barat," *E-J. Matriks Tek. Sipil*, vol. 2, no. 3, pp. 527–533, 2014.