

EVALUASI PENENTUAN DURASI HUJAN EFEKTIF (Tr) PADA HIDROGRAF SATUAN SINTETIS NAKAYASU

Segel Ginting¹⁾

¹⁾Balai Teknik Irigasi, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air

e-mail: gintingsegel@gmail.com

Abstrak

Durasi hujan efektif (Tr) secara historis belum dapat ditentukan melalui catatan pengamatan di lapangan, namun dapat diprediksi berdasarkan catatan hidrograf banjir yang terjadi. Dalam beberapa literatur nilai durasi hujan efektif (Tr) ditentukan berkisar 0.5 sampai dengan 1 kali dari nilai time lag (Tg) atau kadang ditetapkan nilai rata-ratanya sekitar 0,75 kali nilai time lag (Tg). Untuk memastikan nilai durasi hujan efektif pada metode hidrograf satuan sintetis Nakayasu yang dikaitkan dengan parameter time lag (Tg), maka dilakukan kajian untuk diterapkan dalam rangka untuk penggunaan HSS Nakayasu dalam menghitung debit banjir. Berdasarkan hasil kajian diperoleh nilai durasi hujan efektif berkisar antara 30 menit sampai dengan 7 jam, dan perbandingannya dengan nilai time lag seperti yang digunakan dalam HSS Nakayasu berkisar antara 0.13 sampai dengan 2,67 kali Tg. Namun untuk memastikan nilainya tersebut dapat diperkirakan berdasarkan karakteristik DAS dengan menggunakan persamaan $\beta = \frac{p^{1.405}}{A^{0.4059}L^{1.333}}$.

Kata kunci: durasi hujan efektif, hidrograf sintetis Nakayasu, hidrograf banjir, time lag

Abstract

Historically, the effective rainfall duration (Tr) cannot be determined through field observations, but can be predicted based on the flood hydrograph record. In some literatures the value of the effective rainfall duration (Tr) is determined ranging from 0.5 to 1 times the time lag (Tg) value or 0.75 times the time lag value (Tg) as average value. To ensure the value of the effective rainfall duration on the Nakayasu synthetic unit hydrograph method associated with the time lag (Tg) parameter, a study was carried out to be applied in order to use the Synthetic Unit Hydrograph Nakayasu in calculating flood discharge. Based on the results of the study, the value of the effective rainfall duration ranged from 30 minutes to 7 hours, and its comparison with the time lag value as used in the Nakayasu ranged from 0.13 to 2.67 times the time lag (Tg). However, to ensure that the value can be estimated based on the characteristics of the watershed by using the equation such as $\beta = \frac{p^{1.405}}{A^{0.4059}L^{1.333}}$.

Keywords: the effective rainfall duration, Nakayasu synthetic unit hydrograph, flood hydrograph, time lag

I. PENDAHULUAN

Dalam rangka untuk mendesain bendungan pada suatu lokasi, diperlukan karakteristik hidrograf banjir yang terjadi pada lokasi tersebut. Karakteristik hidrograf banjir tersebut dapat diidentifikasi melalui data debit yang diamati pada lokasi tersebut. Umumnya data karakteristik hidrograf banjir pada lokasi rencana bendungan, masih belum tersedia data hidrologi khususnya data hidrograf banjir, sehingga diperlukan hidrograf satuan sintetis untuk merekonstruksi hidrograf banjirnya.

Penggunaan hidrograf satuan sintetis sudah sering digunakan dalam rangka untuk

mendesain bendungan. Umumnya hidrograf satuan sintetis yang digunakan adalah HSS Nakayasu. Penggunaan HSS Nakayasu pada daerah aliran sungai masih memerlukan beberapa parameter yang perlu disesuaikan sesuai kondisi di lokasi penerapan [12].

Parameter yang sering disesuaikan adalah parameter α . Parameter α sudah ditentukan dengan kisaran yang bervariasi dan nilainya berdasarkan hasil studi yang dilakukan di Jepang [8]. Kajian yang terkait dengan penentuan parameter α sudah dilakukan oleh Dewi [1] di sub DAS Lesti. Hasil dari kajian tersebut diperoleh nilai α sekitar 2,777. Ramadani [4] [10]

menyatakan bahwa parameter α tergantung dari karakteristik DAS berupa panjang DAS dan luas DAS. Sementara Priyantoro dan Limantara [2], menyatakan bahwa parameter α sangat dipengaruhi oleh faktor karakteristik sungai dan terlihat bahwa setiap DAS dengan curah hujan tertentu akan menghasilkan nilai α tertentu. Variabel lain yang masih perlu kajian dalam formulasi HSS Hidrograf satuan sintetis Nakayasu adalah durasi hujan efektif (T_r).

Durasi hujan efektif secara historis belum dapat ditentukan melalui catatan pengamatan di lapangan, namun dapat diprediksi berdasarkan catatan hidrograf banjir yang terjadi. Dalam beberapa literatur ditentukan nilai durasi hujan efektif (T_r) berkisar 0.5 sampai dengan 1 kali dari nilai *time lag* (T_g) atau kadang ditetapkan nilai rata-ratanya sekitar 0,75 kali nilai *time lag* (T_g) [5][6][7].

Untuk memastikan nilai durasi hujan efektif pada metode hidrograf satuan sintetis Nakayasu yang dikaitkan dengan parameter *time lag* (T_g), maka dilakukan kajian ini sehingga untuk kedepannya dapat memberikan pemahaman berapa nilai durasi hujan efektif yang sesuai untuk diterapkan dalam rangka untuk penggunaan HSS Nakayasu dalam menghitung debit banjir untuk mendesain bendungan.

II. METODE PENELITIAN

HSS Nakayasu

Durasi hujan efektif memberikan efek terhadap bentuk hidrograf satuan sintetis Nakayasu. Hal ini dapat terlihat dari konsep teoritis yang dibentuk dalam mengembangkan HSS Nakayasu. Bentuk hidrograf satuan sintetis Nakayasu dapat dilihat pada Gambar 1. Persamaan yang digunakan untuk membentuk hidrograf satuan sintetis (HSS) Nakayasu adalah [8][3]:

$$Q_p = \frac{A.R_o}{3,6(0,3T_p + T_{0,3})} \quad (1)$$

dengan:

- Q_p = debit puncak banjir (m^3/det)
- A = luas daerah tangkapan (km^2)
- R_o = hujan satuan (mm)
- T_p = tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)
- $T_{0,3}$ = waktu yang diperlukan oleh

penurunan debit, dari puncak sampai 30% dari debit puncak. Untuk menentukan T_p dan $T_{0,3}$ digunakan pendekatan rumus sebagai berikut [8]:

$$T_p = T_g + 0,8 T_r \quad (2)$$

$$T_{0,3} = \alpha \cdot t_g \quad (3)$$

$$T_r = \beta T_g; \quad (4)$$

Nilai $\beta = 0,5$ sd 1 untuk keperluan praktis, untuk lebih detail bagaimana besaran nilai β dalam konsep ini masih perlu kajian yang lebih detail untuk mendapatkan nilai yang lebih sesuai.

T_g adalah *time lag* yaitu waktu antara titik tengah massa hujan efektif sampai debit puncak banjir (jam). T_g dihitung dengan ketentuan sebagai berikut [9]:

- Sungai dengan panjang alur $L > 15$ km;
 $T_g = 0,4 + 0,058 L$ (5)

- Sungai dengan panjang alur $L < 15$ km;
 $T_g = 0,21 L^{0,7}$ (6)

dengan:

T_r = durasi hujan efektif (jam)

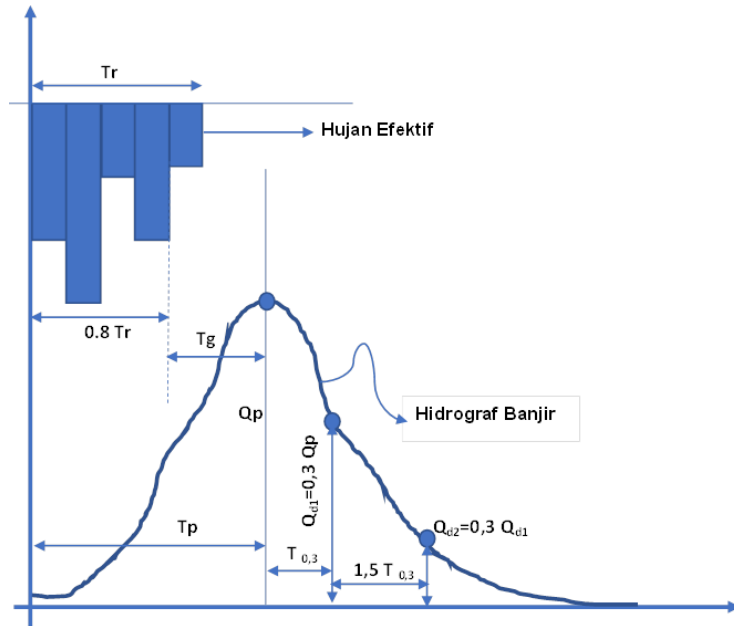
α = parameter hidrograf

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

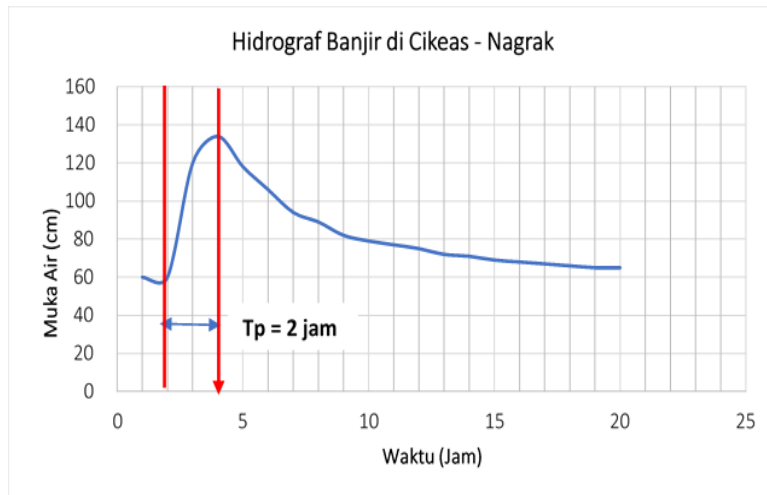
Waktu Ke Puncak Banjir

Durasi hujan efektif pada suatu kejadian banjir sangat diperlukan dalam membentuk hidrograf satuan sintetis khususnya HSS Nakayasu. Karena durasi hujan efektif tidak dapat diamati melalui pengamatan maka diprediksi berdasarkan data kejadian hidrograf banjir di lapangan. Data hidrograf banjir yang terjadi memiliki informasi berupa waktu ke puncak banjir.

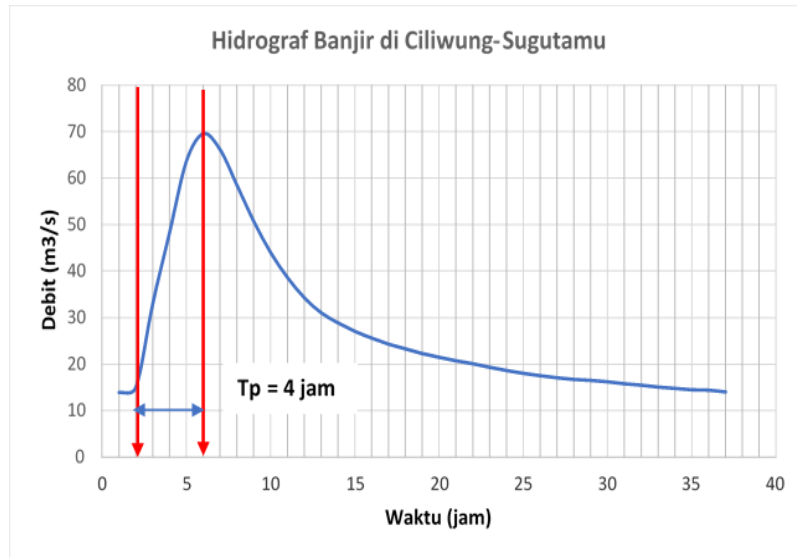
Waktu ke puncak banjir pada beberapa DAS diperoleh berdasarkan pengumpulan kejadian hidrograf banjir tunggal. Waktu ke puncak banjir diidentifikasi mulai dari aliran naik sampai ke puncak aliran seperti terlihat pada Gambar 2 untuk hidrograf muka air dan Gambar 3 untuk hidrograf debit. Rekapitulasi waktu ke puncak banjir pada beberapa DAS yang telah diidentifikasi yang akan dilakukan untuk analisis lebih lanjut dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 1. Grafik Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu



Gambar 2. Hidrograf banjir di Cikeas-Nagrak



Gambar 3. Hidrograf banjir di Ciliwung-Sugutamu

Tabel 1. Data waktu ke puncak banjir di beberapa DAS di Pulau Jawa

No	DAS	Sungai	Outlet	Waktu ke puncak banjir (jam)
1	Brantas	Brantas	Gadang	5.67
2	Brantas	Lesti	Tawangrenjeni	4.94
3	Brantas	Brantas	Konto 1	3.00
4	Ciliwung	Ciliwung	Cibogo	1.91
5	Bekasi	Cikeas	Nagrak	5.00
6	Brantas	Brangkal	Dinoyo	3.33
7	Brantas	Brangkal	Japan	4.92
8	Brantas	Widas	Lengkong	8.83
9	Bengawan Solo	K Madiun	Sekayu	5.42
10	Cisadane	Cisadane	Genteng	2.90
11	Cisadane	Cisadane	Batubelah	4.00
12	Cisadane	Cisadane	Serpong	6.36
13	Bengawan Solo	K. Dengkeng	Jarum	6.40
14	Ciliwung	Ciliwung	Sugutamu	5.19
15	Bengawan Solo	K. Keduang	Ngadipiro	5.29
16	Cipinang	K Cipinang	Cipinang Hilir (Kebon Pala)	5.46
17	Cipinang	K Cipinang	Cipinang Hulu (Kelapa Dua)	4.00
18	Garang	Garang	Simongan	4.00
19	Garang	Garang	Patemon	3.38
20	Serayu	Serayu	Banjarnegara	4.31
21	Progo	Progo	Kranggan	3.00
22	Progo	Progo	Badran	4.50
23	Progo	Progo	Borobudur	5.33
24	Grindulu	Grindulu	Pacitan	5.47
25	Citarum	Cikapundung	Maribaya	3.50
26	Citanduy	Cijolang	Bebedahan	6.00

27	Citanduy	Citanduy	Cirahong	6.00
28	Brantas	K Sadar	Sadar Hulu	5.00
29	Kali Angke	Angke	Pamulang	5.64
30	Bengawan Solo	Kali Samin	Peren	5.50
31	Pesangrahan	Pesangrahan	Sawangan	6.00
32	Pesangrahan	Pesangrahan	Tanah Kusir	9.33
33	Bengawan Solo	Kali Wiroko	Sulingi	3.00

Karakteristik DAS

Karakterisasi DAS merupakan hal yang sangat penting dalam menentukan waktu ke puncak banjir. Beberapa karakteristik DAS yang mempengaruhi aliran sungai seperti panjang sungai, luas DAS dan kemiringan DAS. Data DEM yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan data DEM Nasional (DEMNAS) yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Ukuran grid dari DEMNAS yang digunakan lebih kecil dibandingkan dengan yang

dikeluarkan dari SRTM. Ukuran grid DEMNAS sekitar 8,3 x 8,3 m. Adapun hasil parameter karakteristik DAS yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.

Karakteristik DAS ini diperlukan dalam rangka untuk mengidentifikasi nilai *time lag* (Tg) pada persamaan yang digunakan HSS Nakayasu. Pada HSS Nakayasu perhitungan *time lag* (Tg) dihitung dengan menggunakan persamaan 5 dan persamaan 6.

Tabel 2. Karakteristik fisik dan time lag (Tg) di beberapa DAS di Pulau Jawa

Sungai	Outlet	Time to Peak (jam)	Karakteristik Fisik DAS				Time Lag, Tg (jam)
			Luas (km ²)	Panjang Sungai (km)	Mean Basin Width (km)	Perimeter (km)	
Brantas	Gadang	5.67	731.37	35.23	20.76	213.4	2.44
Lesti	Tawangrenjeni	4.94	382.51	40.07	9.55	118.8	2.72
Brantas	Konto 1	3.00	186.00	33.50	5.55	59.0	2.34
Ciliwung	Cibogo	1.91	89.07	18.03	4.94	60.5	1.45
Cikeas	Nagrak	5.00	94.27	67.88	1.39	129.2	4.34
Brangkal	Dinoyo	3.33	236.52	19.22	12.31	89.0	1.51
Brangkal	Japan	4.92	281.95	30.81	9.15	122.9	2.19
Widas	Lengkong	8.83	1257.98	64.74	19.43	145.4	4.16
K Madiun	Sekayu	5.42	1002.60	45.62	21.98	238.2	3.05
Cisadane	Genteng	2.90	182.55	25.22	7.24	83.4	1.86
Cisadane	Batubelah	4.00	852.69	50.25	16.97	162.5	3.31
Cisadane	Serpong	6.36	1184.77	92.61	12.79	307.5	5.77
K. Dengkeng	Jarum	6.40	567.11	62.07	9.14	143.3	4.00
Ciliwung	Sugutamu	5.19	253.54	72.14	3.51	185.7	4.58
K. Keduang	Ngadipiro	5.29	375.57	44.52	8.44	93.9	2.98
K Cipinang	Cipinang Hilir (Kebon Pala)	5.46	41.01	27.88	1.47	79.3	2.02
K Cipinang	Cipinang Hulu (Kelapa Dua)	4.00	19.36	15.35	1.26	45.0	1.29
Garang	Simongan	4.00	206.82	45.19	4.58	92.6	3.02
Garang	Patemon	3.38	73.50	34.26	2.15	56.5	2.39
Serayu	Banjarnegara	4.31	717.26	48.40	14.82	175.9	3.21
Progo	Kranggan	3.00	431.94	36.50	11.83	137.3	2.52

Progo	Badran	4.50	613.64	47.67	12.87	161.9	3.16
Progo	Borobudur	5.33	1002.59	76.12	13.17	241.5	4.82
Grindulu	Pacitan	5.47	736.38	73.15	10.07	215.0	4.64
Cikapundung	Maribaya	3.50	73.92	12.85	5.75	56.5	1.25
Cijolang	Bebedahan	6.00	435.28	72.80	5.98	200.7	4.62
Citanduy	Cirahong	6.00	645.60	57.00	11.33	182.7	3.71
K Sadar	Sadar Hulu	5.00	38.91	24.87	1.56	66.0	1.84
Angke	Pamulang	5.64	49.92	48.21	1.04	114.3	3.20
Kali Samin	Peren	5.50	204.06	65.00	3.14	129.8	4.17
Pesangrahan	Sawangan	6.00	72.994	29.823	2.45	89.5	2.13
Pesangrahan	Tanah Kusir	9.33	98.146	60.644	1.62	145.8	3.92
Kali Wiroko	Sulingi	3.0	178.404	31.460	5.67	105.7	2.22

Durasi Hujan Efektif (Tr)

Durasi hujan efektif pada suatu kejadian banjir tergantung pada pola hujan yang terjadi pada saat tersebut. Semakin lama durasi hujan efektifnya semakin panjang waktu dasarnya (TB) dan menurunkan debit puncak banjirnya. Apabila durasi hujan efektifnya semakin singkat, maka waktu dasarnya semakin pendek dan debit puncaknya semakin besar dan waktu menuju puncak banjirnya juga semakin cepat.

Pola durasi hujan efektif pada suatu DAS dalam rangka untuk mendesain hidrograf banjir untuk perencanaan bangunan air seperti

bendungan perlu menjadi pertimbangan, sehingga tidak semata-mata nilai durasi hujan efektif yang digunakan berdasarkan informasi minim. Durasi hujan efektif yang menyebabkan terjadinya hidrograf banjir dengan menggunakan metode Nakayasu merupakan nilai yang harus dihitung dengan menggunakan persamaan 2. Sesuai dengan konsep hidrograf satuan sintesis Nakayasu seperti pada Gambar 1, menunjukkan bahwa waktu ke puncak banjir dipengaruhi oleh durasi hujan efektif nya. Oleh karena itu, maka durasi hujan efektif pada suatu DAS dihitung sehingga diperoleh hasil seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai durasi hujan efektif pada beberapa DAS di Pulau Jawa

Sungai	Outlet	Time to Peak (jam)	Karakteristik Fisik DAS				Time Lag, Tg (jam)	Durasi hujan efektif, Tr (jam)
			Luas (km ²)	Panjang Sungai (km)	Mean Basin Width (km)	Perimeter (km)		
Brantas	Gadang	5.67	731.37	35.23	20.76	213.4	2.44	4.03
Lesti	Tawangrenjeni	4.94	382.51	40.07	9.55	118.8	2.72	2.78
Brantas	Konto 1	3.00	186.00	33.50	5.55	59.0	2.34	0.82
Ciliwung	Cibogo	1.91	89.07	18.03	4.94	60.5	1.45	0.58
Cikeas	Nagrak	5.00	94.27	67.88	1.39	129.2	4.34	0.83
Brangkal	Dinoyo	3.33	236.52	19.22	12.31	89.0	1.51	2.27
Brangkal	Japan	4.92	281.95	30.81	9.15	122.9	2.19	3.41
Widas	Lengkong	8.83	1257.98	64.74	19.43	145.4	4.16	5.85
K Madiun	Sekayu	5.42	1002.60	45.62	21.98	238.2	3.05	2.96
Cisadane	Genteng	2.90	182.55	25.22	7.24	83.4	1.86	1.30
Cisadane	Batubelah	4.00	852.69	50.25	16.97	162.5	3.31	0.86
Cisadane	Serpong	6.36	1184.77	92.61	12.79	307.5	5.77	0.73
K. Dengkeng	Jarum	6.40	567.11	62.07	9.14	143.3	4.00	3.00
Ciliwung	Sugutamu	5.19	253.54	72.14	3.51	185.7	4.58	0.75

K. Keduang	Ngadipiro	5.29	375.57	44.52	8.44	93.9	2.98	2.88
K Cipinang	Cipinang Hilir (Kebon Pala)	5.46	41.01	27.88	1.47	79.3	2.02	4.31
K Cipinang	Cipinang Hulu (Kelapa Dua)	4.00	19.36	15.35	1.26	45.0	1.29	3.39
Garang	Simongan	4.00	206.82	45.19	4.58	92.6	3.02	1.22
Garang	Patemon	3.38	73.50	34.26	2.15	56.5	2.39	1.23
Serayu	Banjarnegara	4.31	717.26	48.40	14.82	175.9	3.21	1.38
Progo	Kranggan	3.00	431.94	36.50	11.83	137.3	2.52	0.60
Progo	Badran	4.50	613.64	47.67	12.87	161.9	3.16	1.67
Progo	Borobudur	5.33	1002.59	76.12	13.17	241.5	4.82	0.65
Grindulu	Pacitan	5.47	736.38	73.15	10.07	215.0	4.64	1.04
Cikapundung	Maribaya	3.50	73.92	12.85	5.75	56.5	1.25	2.81
Cijolang	Bebedahan	6.00	435.28	72.80	5.98	200.7	4.62	1.72
Citanduy	Cirahong	6.00	645.60	57.00	11.33	182.7	3.71	2.87
K Sadar	Sadar Hulu	5.00	38.91	24.87	1.56	66.0	1.84	3.95
Angke	Pamulang	5.64	49.92	48.21	1.04	114.3	3.20	3.05
Kali Samin	Peren	5.50	204.06	65.00	3.14	129.8	4.17	1.66
Pesangrahan	Sawangan	6.00	72.994	29.823	2.45	89.5	2.13	4.84
Pesangrahan	Tanah Kusir	9.33	98.146	60.644	1.62	145.8	3.92	6.77
Kali Wiroko	Sulingi	3.0	178.404	31.460	5.67	105.7	2.22	0.97

Nilai durasi hujan efektif (T_r) dari hasil perhitungan tersebut berkisar antara 0,58 jam sampai dengan 6,77 jam atau dari 30 menit sampai 7 jam. Kisaran nilai yang begitu panjang tentunya untuk tujuan praktis sulit untuk menentukan nilainya, sehingga perlu membuat sebuah formulasi yang dapat membantu para perencana dalam menentukan nilai durasi hujan efektif berdasarkan karakteristik DAS nya.

Berdasarkan hasil analisis statistik dengan menggunakan *multiple variable regression*, maka diperoleh persamaan untuk dapat memperkirakan nilai durasi hujan efektif pada suatu DAS sebagai berikut:

$$T_r = \frac{P^{0.799}}{A^{0.279}L^{0.455}}$$

Dengan:

- P : Keliling DAS (km)
- A : Luas DAS (km²)
- L : Panjang sungai (km)

Nilai durasi hujan efektif yang telah dihitung pada Tabel 3 dibandingkan dengan *time lag* untuk mendapatkan nilai koefisien dari β yang digunakan untuk HSS Nakayasu. Kisaran nilai koefisien β berdasarkan hasil studi ini mulai dari 0.13 sampai dengan 2,63. Untuk memudahkan dalam penggunaannya, maka dibentuk persamaan

secara regional berdasarkan karakteristik fisik DASnya. Persamaan yang diperoleh untuk menentukan koefisien β adalah sebagai berikut:

$$\beta = \frac{P^{1.405}}{A^{0.4059}L^{1.333}}$$

Dengan:

- P : Keliling DAS (km)
- A : Luas DAS (km²)
- L : Panjang sungai (km)

IV. KESIMPULAN

Penggunaan metode HSS Nakayasu dalam rangka untuk mendesain hidrograf banjir banyak digunakan pada daerah yang tidak punya data hidrologi. HSS Nakayasu memiliki banak variabel yang dibutuhkan untuk penyesuaian dengan kondisi DAS nya. Salah satu variabel yang dimodifikasi dalam menentukannya adalah menentukan besarnya nilai durasi hujan efektif. Nilai durasi hujan efektif pada kenyataannya dapat diidentifikasi berdasarkan dari data waktu ke puncak banjir dari setiap hidrograf banjir, Berdasarkan hasil kajian diperoleh nilai durasi hujan efektif berkisar antara 30 menit sampai dengan 7 jam, dan perbandingannya dengan nilai *time lag* seperti yang digunakan dalam HSS Nakayasu berkisar antara 0.13 sampai dengan

2,67 kali Tg. Namum untuk memastikan nilainya tersebut dapat diperkirakan berdasarkan karakteristik DAS dengan menggunakan persamaan $\beta = \frac{p^{1.405}}{A^{0.4059}L^{1.333}}$.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Dewi, R., Limantara, L.M., Soetopo, W., 2016. Analisis Parameter Alfa Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu di SubDAS Lesti. *Jurnal Teknik Pengairan*, Volume 7 Nomor 1, Mei 2016 hlm 107-116.
- [2]. Priyantoro, D. dan Limantara, L.M. 2017. Conformity evaluation of synthetic unit hydrograph (case study at upstream Brantas subwatershed, East Java Province of Indonesia). *Journal of Water and Land Development*. No. 35 p. 173–183. DOI: 10.1515/jwld-2017-0082.
- [3]. Qoriaulfa, A.V., Putri, A.R., Fadhillah, H., Harsanto, P., dan Ikhsan, J., 2016. Analisis Limpasan Langsung Menggunakan Metode Nakayasu, SCS, dan ITB, Studi Kasus Sub DAS Progo Hulu. *Prosiding SNTT FGDT 2016*.
- [4]. Ramadani, M., Fauzi, M & Handayani, W. 2016. Pemodelan Parameter α pada Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu (Studi Banding dengan Hidrograf Satuan Sintetik GAMA I). *Skripsi: Universitas Riau*.
- [5]. Safarina, A.B., Salim, H.T., Hadihardaja, I.K., M Syahril B. K., 2011. Clusterization of Synthetic Unit Hydrograph Methods Based on Watershed Characteristics. *International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS* Vol: 11 No: 06.
- [6]. Safarina, A.B., 2011. Reliability of Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph in Various Watershed Area. *Proceedings International Seminar on Water Related Risk Management*, Jakarta, 15-17 July 2011, pp. 123-130.
- [7]. Safarina, A.B., 2012. Modified Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph Method For Meso Scale Ungauge Watersheds. *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)* Vol. 2, Issue 4, June-July 2012, pp.649-654.
- [8]. Soemarto, CD. 1987. *Hidrologi Teknik*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [9]. Sutapa, I.W., 2005. Kajian Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu untuk Perhitungan Debit Banjir Rancangan di Daerah Aliran Sungai Kodina. *Mektek Tahun VII No. 1 Januari 2005*.
- [10]. Syaifulloh, A., 2017. Kajian Nilai Alfa Pada Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu untuk DAS di Pulau Jawa. *Skripsi Teknik Sipil UGM (tidak dipublikasikan)*
- [11]. Yoon, T.H., Kim, S.T., Kim, I.D., 2004. Redefining of Parameters of Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph. *Journal of the Korean Society of Civil Engineers B* 2004, vol.24, no.5b, pp. 403-412 (10 pages)