

ANALISIS HIDROGRAF SATUAN SINTETIS NAKAYASU TERHADAP TERHADAP HIDROGRAF SATUAN TERUKUR SUNGAI SAKO OGAN KOMERING ULU SUMATERA SELATAN

AL. Yuono ^{1*}, Sarino ¹, H. Haki ¹, RS. Ilmiaty

¹ Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Sriwijaya, Palembang
Corresponding author: yuono_al@yahoo.co.id

ABSTRACT : *To predict river flood discharge in order to obtain results according to conditions in the field, using a synthetic unit hydrograph, it is necessary to optimize the measured unit hydrograph first. This study on the Sako River was carried out to compare the measured unit hydrograph with the Nakayasu synthetic unit hydrograph. The first step is to measure the cross-section of the river at the location under review, followed by measuring the depth of rain at stations representing the Sako river sub-watershed and simultaneously measuring the depth and velocity of the flow of the Sako river at several points in the x and y directions. The measurement was carried out 5 times of rain events, then each rain event would be analyzed for its direct runoff hydrograph. From the 5 rain events, several rain events were selected that truly represent the sub-watershed. In this study, there were 2 rain events that could represent the 5 measurements, namely on April 5, 2022 and April 27, 2022. From the results of the direct runoff hydrograph analysis, the effective rain and unit hydrographs in the 2 rain events were then averaged. flatten. From the analysis of the hydrograph of the measured unit, the peak discharge due to 1 mm effective rain is 1.93 m³/s, the peak time is 13 hours, the discharge at the 40th hour is 0.27 m³/second, while the Nakayasu synthetic unit hydrograph is the flowrate. peak is 1.02 m³/s, peak time is 5.3 hours, discharge at 40 hours from rain is 0.02 m³/s. From these two results, it is shown that to use the Nakayasu synthetic unit hydrograph, optimization should be carried out on the formulas used.*

Keyword: *hydrograph, unit, synthetic*

ABSTRAK: Untuk memprediksi debit banjir sungai agar diperoleh hasil sesuai kondisi di lapangan, Penggunaan hidrograf satuan sintetis, perlu dilakukan optimasi terlebih dahulu dari hidrograf satuan terukur. Penelitian di Sungai Sako ini dilakukan untuk membandingkan hidrograf satuan terukur dengan hidrograf satuan sintetis Nakayasu. Tahapan pertama yang dilakukan yaitu melakukan pengukuran penampang melintang sungai di lokasi yang ditinjau, dilanjutkan dengan pengukuran kedalaman hujan pada stasiun yang mewakili Sub DAS sungai Sako dan secara bersama sama dilakukan pengukuran kedalaman aliran dan kecepatan aliran sungai Sako di beberapa titik arah x dan arah y. Pengukuran tersebut dilakukan sebanyak 5 kali kejadian hujan yang kemudian masing-masing kejadian hujan akan dianalisis hidrograf limpasan langsungnya. Dari ke 5 kejadian hujan tersebut kemudian diseleksi beberapa kejadian hujan yang benar-benar mewakili sub DAS tersebut. Pada penelitian ini terdapat 2 kali kejadian hujan yang bisa mewakili dari 5 kali pengukuran tersebut, yaitu pada kejadian hujan 5 April 2022 dan 27 April 2022. Dari hasil analisis hidrograf limpasan langsung, hujan efektif dan hidrograf satuan di 2 kejadian hujan tersebut, selanjutnya dirata-ratakan. Dari hasil analisis terhadap hidrograf satuan terukur, diperoleh debit puncak akibat hujan efektif 1 mm sebesar 1,93 m³/det, waktu puncak sebesar 13 jam, debit saat jam ke 40 sebesar 0,27 m³/detik, sedangkan hidrograf satuan sintetis Nakayasu diperoleh debit puncak sebesar 1,02 m³/det, waktu puncak 5,3 jam, debit pada waktu 40 jam dari hujan sebesar 0,02 m³/det. Dari kedua hasil tersebut menunjukkan bahwa untuk menggunakan hidrograf satuan sintetis Nakayasu sebaiknya dilakukan optimasi terhadap rumus-rumus yang digunakan.

Kata kunci: Hidrograf, satuan, sintetis

PENDAHULUAN

Untuk memprediksi debit banjir guna perencanaan bangunan sungai dapat dilakukan beberapa metode di antaranya: 1. pengukuran langsung debit aliran minimal 10 tahun terakhir yang kemudian dilakukan analisis frekuensi untuk mendapatkan debit rencana sesuai periode ulang yang direncanakan. Metode ini sulit diterapkan kalau data pengukuran debit tidak tersedia. 2. Penentuan hidrograf satuan berdasar hasil pengukuran di lapangan dengan cara mengukur luas penampang sungai, yang dilanjutkan dengan pengukuran kedalaman hujan yang mewakili daerah tangkapan, dan bersama-sama mengukur kedalaman aliran serta kecepatan aliran, yang kemudian dihitung besarnya debit aliran, dimana kedalaman hujan dan debit aliran tersebut yang akan digunakan untuk menurunkan hidrograf satuan terukur. 3. metode hidrograf satuan sintesis, merupakan hidrograf model empiris untuk menyamai hidrograf di lapangan. Hidrograf satuan sentetis ini telah banyak dikembangkan dengan studi kasus yang berbeda-beda seperti metode Snyder, Nakayasu, SCS, ITB, GAMA dan masih banyak lagi.

Metode pertama merupakan metode terbaik untuk memprediksi debit banjir sungai untuk periode ulang tertentu guna perencanaan bangunan sungai. Metode ke dua merupakan metode alternatif apabila metode pertama tidak bisa digunakan karena keterbatasan data. Metode ke tiga merupakan metode empiris guna memperoleh gambaran hidrograf satuan seperti metode ke dua, hanya saja pendekatan empiris dari beberapa parameter fisik sub DAS yang dikaji. Metode empiris ini bisa digunakan dengan syarat dilakukan optimasi hidrograf satuan sintesis terhadap hidrograf satuan hasil pengukuran di lapangan (metode ke 2).

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi penelitian

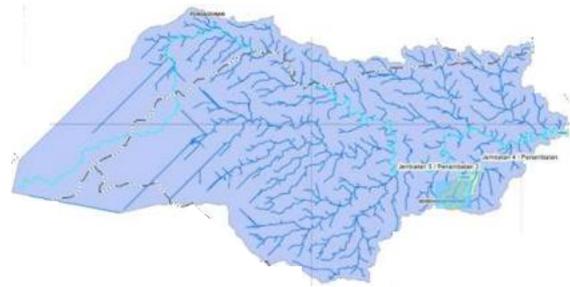
Penelitian ini dilakukan di sub DAS Sungai Sako yang terletak di Ogan Komering Ulu Sumatera Selatan.

Penggunaan lahan di sub DAS Sako adalah sebagai berikut :

Hutan Lahan Kering Sekunder : 957,74 ha

Belukar : 280,80 ha
 Pemukiman : 145,55 ha
 Tanah terbuka : 4,18 ha
 Pertanian Lahan Kering Campur : 15501,62 ha
 Sawah : 96,65 ha

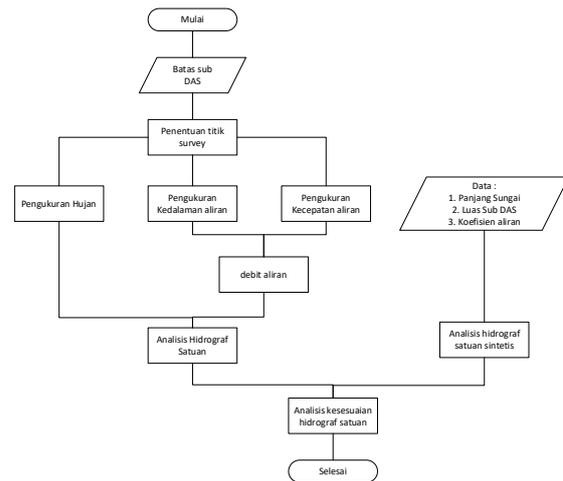
Sub DAS Sako dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Sub DAS Sungai Sako

SISTEMATIKA PENYUSUNAN

Sistematika penulisan ini dapat disajikan dalam diagram alir seperti diperlihatkan pada gambar 2 berikut ini



Gambar 2. Sistematika Penyusunan

Untuk menurunkan hidrograf satuan dan hujan efektif menggunakan rumus (1) dan rumus (2) (Triadmojo, 2014).

$$Q_n = \sum_{m=1}^{n \leq M} p_m q_{n-m+1} \quad (1)$$

dengan :

Q_n : hidrograf limpasan langsung

- P_m : hujan efektif
- q_{n-m+1} : hidrograf satuan
- n : Jumlah ordinat dari hidrograf limpasan langsung
- M : jumlah durasi hujan yang berurutan

Penurunan hujan efektif menggunakan persamaan Φ Index :

$$\Phi \text{ Index} = \frac{F}{T_r} = \frac{P-Q}{T_r} \quad (2)$$

dengan :

- Φ indek : laju Infiltrasi rata-rata
- P : hujan total
- F : infiltrasi total
- Q : aliran permukaan total
- T_r : Waktu terjadinya hujan

Untuk menganalisis hidrograf satuan sintetis Nakayasu, digunakan beberapa parameter fisik sub DAS antara lain : luas sub DAS, Panjang sungai utama, waktu puncak, waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf, waktu tenggang, luas daerah pengaliran, koefisien limpasan (limantara, 2018). Rumus untuk menurunkan hidrograf satuan sintetis Nakayasu antara lain :

$$Q_p = \frac{1}{36} \left(\frac{A \cdot R_e}{0,3T_p + T_{0,3}} \right) \quad (3)$$

$$T_p = t_g + 0,8T_r \quad (4)$$

$$t_g = 0,4 + 0,058 L \quad \text{untuk } L > 15 \text{ km} \quad (5)$$

$$t_g = 0,21 L^{0,7} \quad \text{untuk } L < 15 \text{ km} \quad (6)$$

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

dengan :

- Q_p : debit puncak
- R_e : hujan efektif
- T_p : Waktu puncak
- t_g : waktu dari titik berat hujan sampai titik berathidrograf
- A : luas daerah pengaliran
- L : panjang sungai utama

Untuk menurunkan kurva hidrograf satuan dilakukan perhitungan sebagai berikut :

Pada kurva naik ($0 < t < T_p$)

$$Q_t = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \quad (7)$$

Pada kurva turun ($T_p < t < T_p + T_{0,3}$)

$$Q_r = Q_p \times 0,3^{(t-T_p)/T_{0,3}} \quad (8)$$

Pada kurva turun ($T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$)

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{\{(t-T_p)+(0,5T_{0,3})\}/(1,5T_{0,3})} \quad (10)$$

Pada kurva Turun ($t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$)

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{\{(t-T_p)+(1,5T_{0,3})\}/(2T_{0,3})} \quad (11)$$

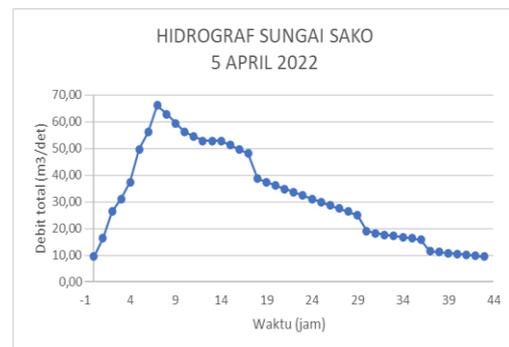
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hidrograf satuan hasil pengukuran

Pengukuran data hujan, kedalaman aliran dan kecepatan aliran serta perhitungan debit dilakukan sebanyak 5 kejadian hujan. Hasil pengukuran dan perhitungan debit di Sungai Sako dapat disajikan berikut ini.

Hidrogaf limpasan langsung hasil pengukuran dan perhitungan pada tanggal 5 April 2022

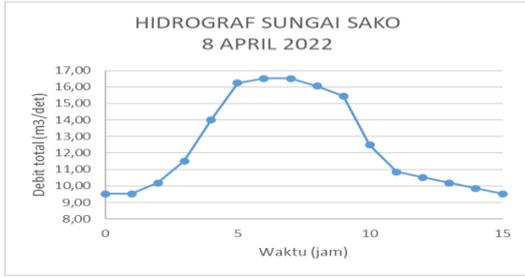
Hidrograf limpasan langsung pada kejadian 5 April 2022 akibat hujan 53 mm pada jam 22.45-23.45 WIB dan 4,5 mm pada jam 23.45-24.45 WIB disajikan seperti gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Hidrograf limpasan langsung 5-4-2022

Hidrogaf limpasan langsung hasil pengukuran dan perhitungan pada tanggal 8 April 2022

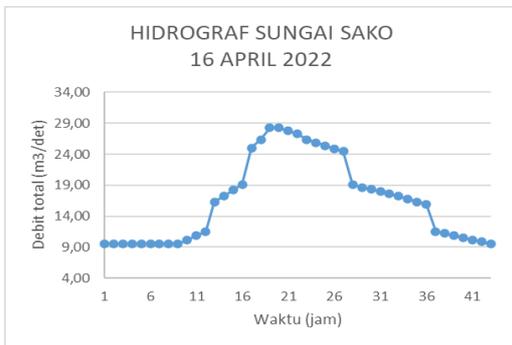
Hidrograf limpasan langsung pada kejadian 8 April 2022 akibat hujan 36 mm pada jam 14.20-15.20 WIB dan 1 mm pada jam 15.20-16.20 WIB disajikan seperti gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Hidrograf limpasan langsung 8-4-2022

Hidrograf limpasan langsung hasil pengukuran dan perhitungan pada tanggal 16 April 2022

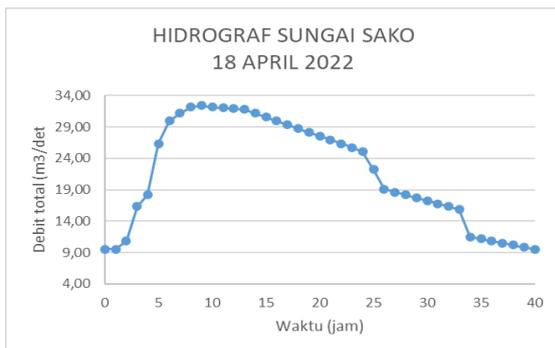
Hidrograf limpasan langsung pada kejadian 16 April 2022 akibat hujan 33 mm pada jam 20.00-21.00 WIB dan 1 mm pada jam 21.00-22.00 WIB disajikan seperti gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Hidrograf limpasan langsung 8-4-2022

Hidrograf limpasan langsung hasil pengukuran dan perhitungan pada tanggal 18 April 2022

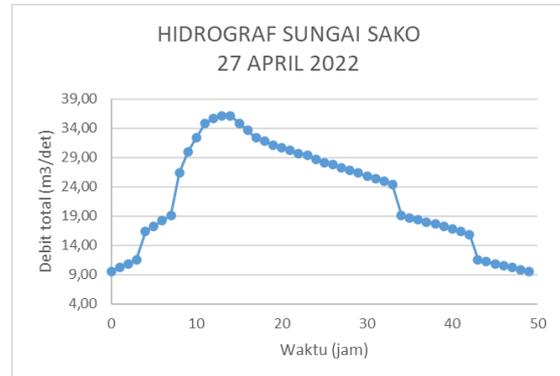
Hidrograf limpasan langsung pada kejadian 18 April 2022 akibat hujan pada jam 20.00-21.00 WIB sebesar 63 mm, pada jam 21.00-22.00 WIB sebesar 33 mm, pada jam 22.00-23.00 WIB sebesar 4 mm dan pada jam 23.00-24.00 WIB sebesar 1 mm disajikan seperti gambar 6 berikut ini.



Gambar 6. Hidrograf limpasan langsung 18-4-2022

Hidrograf limpasan langsung hasil pengukuran dan perhitungan pada tanggal 27 April 2022

Hidrograf limpasan langsung pada kejadian 27 April 2022 akibat hujan pada jam 20.15-21.15 WIB sebesar 48 mm dan pada jam 21.15-22.15 WIB sebesar 32 mm, pada jam 22.15-23.15 WIB sebesar 5 mm dan pada jam 23.15-24.15 WIB sebesar 1 mm disajikan seperti gambar 7 berikut ini



Gambar 7. Hidrograf limpasan langsung 27-4-2022

Dari hasil pengamatan di lapangan (di luar pengukuran di stasiun hujan), didapatkan fakta bahwa kejadian hujan tanggal 8, 16 dan 18 April 2022, hujan yang terjadi tidak merata di sub DAS Sako, sehingga data limpasan langsung pada tanggal tersebut tidak digunakan untuk analisis selanjutnya, sedangkan data hujan dan debit limpasan langsung pada tanggal 5 dan 27 April 2022 digunakan analisis berikutnya.

HIDROGRAF SATUAN

Hidrograf Satuan pada tanggal 5 April 2022

Dari data hasil pengukuran hujan dan debit aliran pada tanggal 5 April 2022, menggunakan rumus penurunan hidrograf satuan (rumus 1) dan rumus penentuan hujan efektif (rumus 2), diperoleh hidrograf akibat hujan efektif 1 mm disajikan seperti pada gambar 8 berikut ini

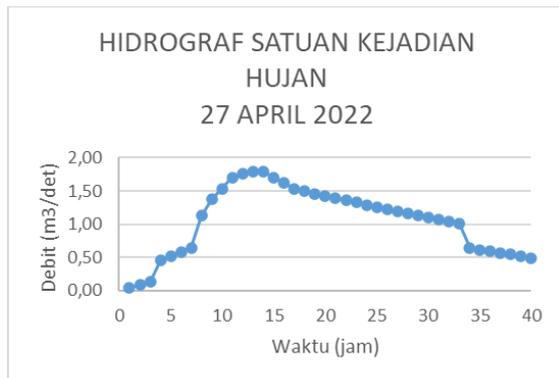


Gambar 8. Hidrograf satuan 5 April 2022

Dari gambar 8 tersebut di atas terlihat bahwa debit puncak sebesar 2,70 m³/det dan waktu puncak jam ke 7 setelah kejadian hujan, sedangkan debit pada waktu 40 jam setelah hujan sebesar 0,0475 m³/detik.

Hidrogaf Satuan pada tanggal 27 April 2022

Dari data hasil pengukuran hujan dan debit aliran pada tanggal 27 April 2022, menggunakan rumus penurunan hidrograf satuan (rumus 1) dan rumus penentuan hujan efektif (rumus 2), diperoleh hidrograf akibat hujan 1 mm disajikan seperti pada gambar 9 berikut ini



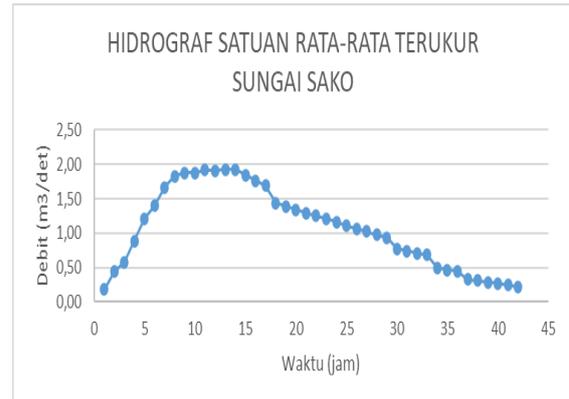
Gambar 8. Hidrograf satuan 27 April 2022

Dari gambar 8 di atas terlihat debit puncak sebesar 1,79 m³/detik, waktu puncak terjadi pada jam ke 13 setelah kejadian hujan, sedangkan debit saat 40 jam dari hujan sebesar 0,49 m³/detik.

Hidrogaf Satuan rata-rata

Dari ke dua kejadian hujan yang sudah diturunkan menjadi hidrograf satuan, kemudian

dirata-ratakan hasilnya dapat diperlihatkan pada gambar 9.



Gambar 9. Hidrograf satuan terukur rata-rata

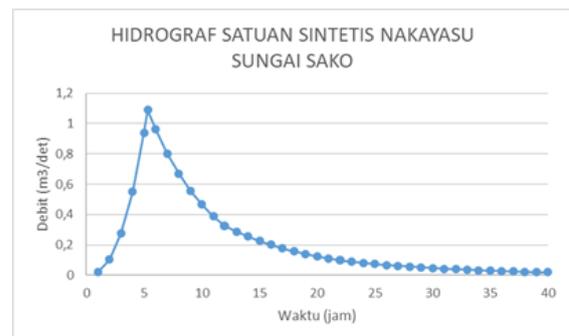
Dari gambar 9 tersebut terlihat akibat hujan efektif 1 mm, debit sungai Sako sebesar 1,93 m³/det, waktu puncak 13 jam dari awal hujan, dan debit saat 40 dari waktu hujan sebesar 0,27 m³/det.

HIDROGRAF SATUAN SINTETIS NAKAYASU

Untuk menurunkan hidrograf sintetis Nakayasu dibutuhkan data parameter fisik dari Sub DAS, parameter tersebut antara lain :

- Luas Daerah tangkapan : 169,86 km²
- Panjang sungai utama : 50,37 km
- Hujan efektif : 1 mm

dengan menggunakan persamaan (3) hingga (11) hidrograf satuan sintetis Nakayasu sungai Sako dapat digambarkan hidrograf satuan sintetis seperti dapat dilihat pada gambar 10 berikut ini

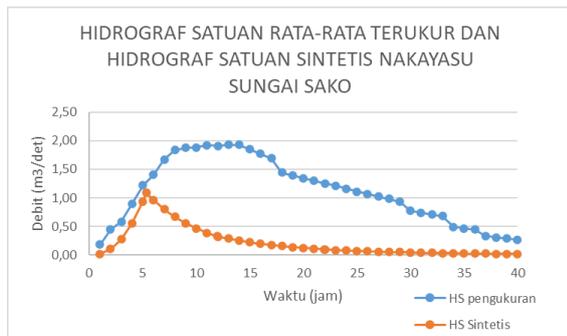


Gambar 10. Hidrograf satuan sintetis Nakayasu

Dari gambar 10 di atas terlihat bahwa akibat hujan 1 mm, debit puncaknya 1,09 m³/det dan waktu puncak 5,3 jam, sedangkan debit saat 40 jam dari awal hujan 0,02 m³/det.

KOMPARASI HIDROGRAF SATUAN DAN HIDROGRAF SINTETIS NAKAYASU

Perbandingan hidrograf satuan terukur dan hidrograf satuan sintetis Nakayasu dapat diperlihatkan gambar 11 berikut ini



Gambar 11. Perbandingan hidrograf satuan terukur dan hidrograf satuan sintetis Nakayasu

Dari analisis hidrograf satuan terukur dan analisis hidrograf satuan Nakayasu yang terlihat dari gambar 11 di atas terlihat ada perbedaan seperti diperlihatkan pada Tabel 1 berikut

Tabel 1 Perbedaan Hidrograf satuan terukur dan Hidrograf satuan sintetis Nakayasu

Parameter	HS terukur	HSS Nakayasu
Debit Puncak	1,93 m ³ /detik	1,02 m ³ /detik
Waktu puncak	13 jam	5,3 jam
Debit saat 40 jam setelah hujan	0,27 m ³ /detik	0,02 m ³ /detik

Dari tabel 1 di atas terlihat ada perbedaan, antara hidrograf satuan terukur dan hidrograf satuan sintetis Nakayasu, jika analisis debit banjir menggunakan hidrograf satuan sintetis Nakayasu maka perlu adanya optimasi persamaan hidrograf satuan sintetis Nakayasu terhadap hidrograf satuan terukur terlebih dahulu, agar hasil yang didapatkan sesuai dengan kondisi nyata di lapangan.

KESIMPULAN

1. Debit puncak hidrograf satuan terukur (1,93 m³/det) lebih besar daripada hidrograf satuan sintetis Nakayasu (1,02 m³/det)
2. Waktu puncak hidrograf satuan terukur lebih lama (13 jam) dibanding waktu puncak hidrograf satuan sintetis Nakayasu (5,3 jam)
3. Debit saat 40 jam setelah kejadian hujan, hidrograf satuan terukur lebih besar (0,27 m³/detik) dibanding hidrograf satuan sintetis Nakayasu (0,02 m³/detik)
4. Perlu dilakukan optimasi hidrograf satuan sintetis Nakayasu, bila metode tersebut akan digunakan untuk analisis hidrologi selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Chow, V.T. 1984. Handbook of Applied Hydrology. Mc Grow Hill Book Company, NewYork
- Hidayat, A., 2022, Pemodelan parameter α hidrograf satuan sintetis nakayasu das Janeberang, Jurnal Construction Engineering and Sustainable Depelopment (CESD) vol 5 no 1
- Kementrian Pekerjaan Umum, 2017, Modul Perhitungan Hidrologi, Pusat Pelatihan sumberdaya air dan Konstruksi, Bandung
- Kristianti, AB., Norken, IN., Darma IGBS, Yekti, MI., 2019, komparasi model hidrograf satuan terukur dengan hidrograf satuan sintetis (studi kasus DAS tukad pakerisan), Jurnal Spektran Volume 7 No 1
- Limantara, LM, 2018, Rekayasa Hidrologi, Andy Offset, Yogyakarta
- Suwarno, 2015, Analisis Data Hidrologi Menggunakan Metode Statistik dan Stokastik, Graha Ilmu, Yogyakarta
- Triatmodjo B, 2014, Hidrologi Terapan, Beta Offset Yogyakarta