

Kajian Pengaruh Parameter Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu berdasarkan Karakteristik Daerah Aliran Sungai (Studi Kasus DAS Tabo-Tabo Kab. Pangkep)

Ratna Musa^{1*}, Ika Nur Aidina Jalaluddin², Andi Amin Latif³

1*) Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar, ratmus_tsipil@ymail.com

2) Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan Jeneberang, Kementerian Pekerjaan Umum

3) Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar

Abstract

Hydrographs can describe the time distribution of surface runoff in the measurement area and determine the diversity of watershed physical characteristics. The presentation of the Synthetic Unit Hydrograph can use the unit hydrograph reduction method from the measured flood hydrograph. This study tries to examine the effect of synthetic unit hydrological line parameters based on watershed characteristics in the Tabo-Tabo irrigation area, Baru Regency. The research location is located in Baru Regency, South Sulawesi Province, right in the Tabo-Tabo watershed, using daily rainfall data from Leang Lonrong, Segeri/Padaelo, Pangkajene, Tabo-Tabo, Ralla, Camba, and Bancee stations. Based on the discussion, the difference between the maximum flood discharge based on the Nakayasu HSS and the Modified HSS is 7.9343% for each return period. This indicates that the improved Synthetic Unit Hydrograph method is very effective in determining flood discharge.

Keywords: Hydrograph, Nakayasu, Surface Runoff, Synthetic Unit Hydrograph.

Abstrak

Kehilangan Hidrograf dapat menggambarkan distribusi waktu limpasan permukaan di daerah pengukuran dan menentukan keragaman karakteristik fisik DAS. Penyajian Hidrograf Satuan Sintetik dapat menggunakan metode reduksi hidrograf satuan dari hidrograf banjir terukur. Penelitian ini mencoba mengkaji pengaruh parameter garis hidrologi satuan sintetik berdasarkan karakteristik DAS di daerah irigasi Tabo-Tabo Kabupaten Pangkep. Lokasi penelitian terletak di Kabupaten Pangkep, Provinsi Sulawesi Selatan, tepat di DAS Tabo-Tabo, dengan menggunakan data curah hujan harian dari stasiun Leang Lonrong, Segeri/Padaelo, Pangkajene, Tabo-Tabo, Ralla, Camba, dan Bancee. Berdasarkan hasil pembahasan yang dilakukan, selisih debit banjir maksimum berdasarkan HSS Nakayasu dan HSS Modifikasi adalah 7,9343% pada setiap periode kala ulang. Hal ini menunjukkan bahwa metode Hidrograf Satuan Sintetik yang ditingkatkan sangat baik dalam menentukan debit banjir.

Kata Kunci: Hidrograf, Hidrograf Satuan Sintetik, Limpasan Permukaan, Nakayasu.

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Pangkajene Dan Kepulauan (Pangkep) terletak di pesisir pantai barat Provinsi Sulawesi Selatan dengan panjang garis pantai 250 km yang membentang dari barat ke timur. Berdasarkan letak astronomis, Kabupaten Pangkep berada pada 11.00' bujur timur dan 040.40 - 080.00' lintang selatan. Memiliki luas wilayah 12.362,73 km² yang terbagi menjadi daratan seluas 898,29 km² dan kepulauan seluas 11.464,44 km².

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu sistem hidrologi, yang terdiri dari subsistem masukan, proses dan subsistem luaran. Salah satu luaran dari sistem daerah aliran sungai adalah debit aliran sungai (Agus et al, 2002). Debit aliran sungai dapat dijadikan sebagai indikator fungsi daerah aliran sungai dalam pengaturan proses, khususnya alih ragam hujan menjadi aliran.

Daerah Aliran Sungai (DAS) Tabo-Tabo Kabupaten Pangkep memiliki peranan strategis dalam mendukung keberlanjutan lingkungan dan ketahanan air di wilayah ini. Kondisi iklim yang dinamis dan perubahan pola hujan menuntut perhatian ekstra terhadap pemantauan curah hujan. Pengetahuan yang akurat tentang distribusi dan intensitas hujan di DAS Tabo-Tabo Kabupaten Pangkep menjadi dasar penting dalam pengelolaan sumber daya air, mitigasi risiko bencana, serta perencanaan adaptasi terhadap perubahan iklim.

Informasi mengenai curah hujan merupakan syarat utama dari semua pemodelan peramalan banjir. Sehingga hal tersebut menjadi sangat penting untuk mengetahui sebaran pos hujan yang dalam pengaplikasiannya dapat meramalkan terjadinya banjir dengan nilai akurasi yang diinginkan (Kar et al., 2015). Perubahan iklim yang semakin terasa, ketelitian dalam pengukuran dan pemantauan curah hujan menjadi krusial. Data curah hujan yang akurat sangat diperlukan untuk pemodelan hidrologi yang lebih baik serta perencanaan adaptasi terhadap perubahan iklim.

Hidrograf debit atau aliran merupakan bagian yang sangat penting dalam mengatasi masalah-masalah yang berkaitan dengan hidrologi. Sebab hidrograf aliran dapat menggambarkan suatu distribusi waktu dari aliran permukaan di suatu tempat pengukuran dan menentukan keanekaragaman karakteristik fisik daerah aliran sungai. Beberapa faktor yang mempengaruhi hidrograf antara lain adalah faktor hujan (jumlah, intensitas, distribusi dan durasi hujan), dan faktor fisik permukaan lahan, sehingga perbedaan bentuk hidrograf karena adanya ketergantungan sifat-sifat hujan, karakteristik fisik daerah aliran sungai dan komponen penyusun hidrograf.

Karakteristik DAS atau parameter DAS adalah hal yang penting diketahui untuk membuat suatu hidrograf pada suatu DAS tertentu, misalnya waktu untuk mencapai puncak hidrograf, lebar dasar, luas kemiringan, panjang alur terpanjang, koefisien limpasan dan sebagainya. Dalam hal ini biasanya kita gunakan Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) yang telah dikembangkan di negara-negara lain, dimana parameter-parameter harus disesuaikan terlebih dahulu dengan karakteristik daerah pengaliran yang ditinjau (Soemarto, 1987)

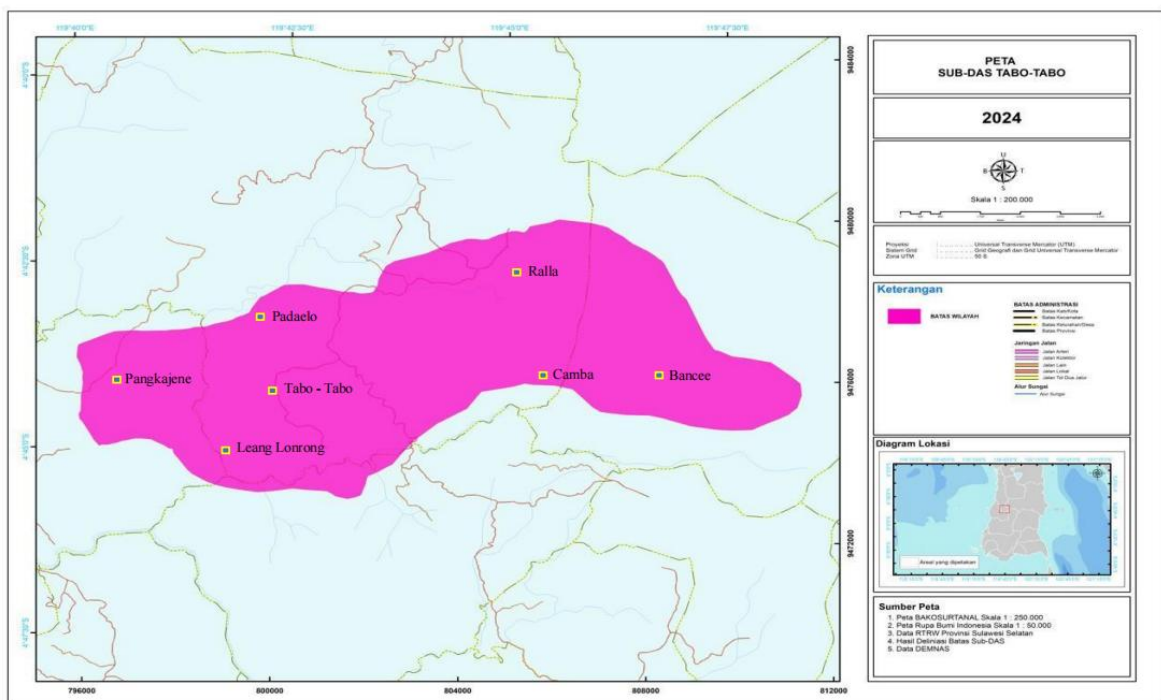
Beberapa pendekatan telah dikemukakan oleh para ahli hidrologi diantaranya adalah yang dikembangkan oleh Snyder 1938, metode Nakayasu 1948, dan SCS. Metode ini dikembangkan berdasarkan data empiris, di mana pendekatan ini sering kali bersifat setempat sehingga untuk digunakan di tempat lain memerlukan perlakuan yang berbeda. Sri Harto (2000) mengemukakan bahwa metode-metode yang dikembangkan di luar negeri tersebut ketika diterapkan di Indonesia menunjukkan penyimpangan yang besar dibandingkan dengan hidrograf satuan terukurnya. Hal ini berarti bahwa metode-metode tersebut cenderung terbatas pemakaiannya pada DAS yang digunakan sebagai penyusun parameter model tersebut.

Penyajian hidrograf banjir dapat menggunakan metode penurunan hidrograf satuan dari hidrograf banjir terukur jika tersedia data dan menggunakan rumus empiris yakni Hidrograf Satuan Sintetik (HSS), yaitu hidrograf yang didasarkan atas sintesis parameter-parameter DAS. Metode analisis HSS yang paling sederhana dan mudah digunakan dalam perhitungan debit banjir di Indonesia adalah metode HSS Nakayasu. Metode ini menggunakan data-data karakteristik DAS seperti luas DAS, panjang sungai, koefisien pengaliran dan parameter alfa. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besar selisih debit banjir HSS Nakayasu dan HSS Modifikasi berdasarkan Daerah Aliran Sungai Tabo-Tabo Kab. Pangkep.

2. METODE

A. Lokasi Penelitian

Bendung Tabo-Tabo terletak di desa Tabo-Tabo, Kecamatan Bungoro, Kabupaten Pangkajene Kepulauan (Pangkep), Sulawesi Selatan. Bendung Tabo-Tabo dibangun pada tahun 1978-1983, lokasi Bendung Tabo-Tabo terletak ± 45 km dari kota Makassar. Bendung Tabo-Tabo mengalirkan Irigasi fungsional mencapai 7.483 Ha. Sedangkan, luas Potensial 6.815 Ha, melewati saluran Induk Tabo-Tabo, kemudian terbagi di saluran sekunder padang lampe dan saluran sekunder Pangkajene drainase sepanjang jalan nasional (Kalibone-Mandalle). Desa Tabo-Tabo termasuk desa yang berada pada dataran rendah dengan ketinggian rata-rata 40 – 62 meter diatas permukaan laut (dpl), kondisi suhu udara rata-rata 360C. DAS Tabo-Tabo adalah salah satu contoh DAS yang memiliki signifikansi dalam ketersediaan air dan pelestarian lingkungan hidup di wilayah tersebut. Luas DAS Pangkajene 445,2 km² (**Gambar 1**).



Gambar 1 Lokasi Stasiun Curah Hujan dan DAS Tabo-Tabo

B. Metode Pengumpulan Data

Pada tahap awal penelitian ini dilakukan pengumpulan data sekunder yang terdiri atas dua kategori utama, yaitu peta lokasi studi dan data hidrologi. Pengumpulan peta mencakup peta kondisi dan batas wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) Tabo-Tabo Kabupaten Pangkep serta peta lokasi pos stasiun hujan yang relevan dengan area penelitian. Selain itu, dikumpulkan data curah hujan harian dari tujuh stasiun hujan yang berada di wilayah Tabo-Tabo, yaitu Sta Tabo-Tabo, Sta Padaelo/Segeri, Sta Pangkajene, Sta Leang Lonrong, Sta Ralla, Sta Camba, dan Sta Bancee, dengan periode pengamatan selama 10 tahun (2014–2023). Data ini diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pompengan Jeneberang dan Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Sulawesi Selatan bidang perairan, yang digunakan sebagai data penunjang untuk analisis hidrologi dan karakteristik curah hujan pada wilayah studi.

C. Tahapan Penelitian

Adapun tahapan penelitian yang akan dilakukan ialah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data yang diperlukan dalam hal ini merupakan data sekunder.
2. Menentukan rerata curah hujan pada stasiun.
3. Menentukan data curah hujan areal dengan menggunakan metode thiessen.
4. Menghitung parameter statistik
5. Menentukan jenis distribusi yang sesuai berdasarkan hasil parameter statistik
6. Melakukan pengujian kecocokan pola distribusi dengan uji Chi-Square untuk mengetahui apakah jenis distribusi yang dipilih dan digunakan sudah tepat.
7. Dari jenis distribusi terpilih dapat dihitung besaran hujan rancangan untuk kala ulang.
8. Kemudian melakukan perhitungan distribusi hujan efektif jam - jaman.
9. Melakukan analisis hidrograf dan penggambaran grafik hidrograf
10. Memberikan kesimpulan dan saran.

D. Metode Analisis Data

Penelitian ini dilaksanakan melalui analisis data sekunder yang diperoleh dari sumber-sumber terkait, dengan tahapan analisis sebagai berikut. Pertama, dilakukan penentuan aliran dasar yang diperoleh dari hidrograf total hasil pengamatan pada daerah studi. Selanjutnya, setelah aliran dasar diidentifikasi, dilakukan pemisahan aliran untuk memperoleh hidrograf Direct Runoff (DRO) yang digunakan sebagai dasar dalam analisis hidrologi selanjutnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Data Curah Hujan

Pengolahan data curah hujan pada penelitian ini diawali dengan pengumpulan data tahunan dari tujuh stasiun hujan di wilayah DAS Tabo-Tabo Kabupaten Pangkep, yaitu Stasiun Tabo-Tabo, Ralla, Segeri/Padaelo, Camba, Pangkajene, Leang Lonrong, dan Bancee. Data yang digunakan merupakan data curah hujan tahunan selama 13 tahun, yang selanjutnya dilakukan pemeriksaan konsistensi menggunakan metode Kurva Massa Ganda. Metode ini bertujuan untuk membandingkan data hujan tahunan stasiun yang diuji dengan jumlah curah hujan tahunan dari seluruh stasiun di wilayah DAS, sehingga dapat diketahui kesesuaian dan kestabilan pencatatan data pada masing-masing stasiun. Proses ini penting dilakukan untuk memastikan bahwa data yang dipakai dalam analisis hidrologi memiliki akurasi dan konsistensi yang baik, sehingga hasil perhitungan selanjutnya dapat dipercaya.

Hasil uji konsistensi menunjukkan bahwa seluruh stasiun memiliki tingkat korelasi yang sangat tinggi dengan nilai R lebih dari 0.99 dan nilai R^2 mendekati 1, menandakan data yang digunakan konsisten sepanjang periode pengamatan. Stasiun Tabo-Tabo menunjukkan nilai korelasi tertinggi dengan $R = 0.9993$ dan $R^2 = 0.9986$, sementara nilai terendah terdapat pada Stasiun Segeri/Padaelo dengan $R = 0.9939$ dan $R^2 = 0.9879$. Hasil ini mengindikasikan bahwa data curah hujan dari ketujuh stasiun memiliki hubungan yang sangat kuat dengan data gabungan seluruh stasiun, sehingga dapat digunakan sebagai dasar yang andal untuk analisis hidrologi selanjutnya, termasuk dalam perhitungan debit aliran dan pemodelan hidrograf di DAS Tabo-Tabo.

B. Analisis Curah Hujan Rancangan

Analisis curah hujan rata-rata dilakukan dengan mengolah data curah hujan harian dari tujuh stasiun pengamatan di wilayah DAS Tabo-Tabo, yaitu Tabo-Tabo, Ralla, Padaelo,

Camba, Pangkajene, Leang Lonrong, dan Bancee, selama periode 2011–2023. Perhitungan rata-rata dilakukan berdasarkan jumlah curah hujan tahunan dari seluruh stasiun yang kemudian dibagi dengan jumlah stasiun pengamatan. Hasil perhitungan menunjukkan adanya variasi yang cukup signifikan dari tahun ke tahun, dengan nilai tertinggi mencapai 110,29 mm pada tahun 2015 dan nilai terendah sebesar 28,86 mm pada tahun 2023. Fluktuasi ini mengindikasikan adanya perbedaan intensitas hujan yang cukup besar dalam periode pengamatan, yang dapat mempengaruhi analisis hidrologi pada DAS Tabo-Tabo.

Selanjutnya, dilakukan analisis parameter statistik untuk mengetahui karakteristik sebaran data curah hujan maksimum tahunan. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai rata-rata ($\bar{X}$) sebesar 70,28 mm dengan standar deviasi (S) sebesar 23,80 mm. Koefisien variasi (Cv) diperoleh sebesar 0,34, yang menunjukkan tingkat variasi data relatif sedang terhadap nilai rata-ratanya. Sementara itu, koefisien skewness (Cs) sebesar 0,28 menandakan sebaran data sedikit condong ke kanan, dan koefisien kurtosis (Ck) sebesar 3,30 menunjukkan distribusi data mendekati distribusi normal. Hasil perhitungan parameter statistik ini menjadi dasar dalam pemilihan jenis distribusi yang sesuai untuk analisis frekuensi curah hujan pada wilayah studi.

Tabel 1 Kesimpulan Pemilihan Jenis Metode Distribusi

Jenis Distribusi	Syarat	Hasil	Keterangan
Normal	$Cs \approx 0, Ck \approx 3$	CS = 0,28 Cv = 0,34 Ck = 3,30	Tidak Memenuhi
Log Normal	$Cs = 3 Cv + Cv^3$		Tidak Memenuhi
Gumbel	$Cs = 1,14, Ck = 5,4$		Tidak Memenuhi
Log Pearson Type III	Bila ketiga kriteria diatas tidak dipenuhi. Maka digunakan jenis distribusi Log Pearson Tipe III		Memenuhi

Analisis distribusi sebaran curah hujan dengan metode Log Pearson Type III dilakukan untuk menentukan curah hujan rencana pada berbagai kala ulang dengan memanfaatkan parameter statistik data logaritma curah hujan maksimum tahunan. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai log rata-rata ($\log \bar{X}$) sebesar 1,82 mm, standar deviasi (S) sebesar 0,16, koefisien skewness (Cs) -0,72 yang menunjukkan kemencengan distribusi ke arah kiri, koefisien kurtosis (Ck) 0,30, serta koefisien variasi (Cv) sebesar 0,08. Nilai Cs ini kemudian disesuaikan dengan tabel nilai K distribusi Log Pearson Type III untuk masing-masing kala ulang (2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun), yang selanjutnya digunakan dalam perhitungan curah hujan rencana. Sebagai contoh, pada kala ulang 2 tahun, nilai log curah hujan rencana diperoleh sebesar 1,84 sehingga menghasilkan curah hujan rencana X_2 sebesar 69,18 mm. Proses ini dilakukan untuk seluruh kala ulang guna mendapatkan estimasi curah hujan rancangan yang sesuai, sehingga dapat digunakan dalam analisis hidrologi untuk perencanaan infrastruktur pengendalian banjir dan desain sistem drainase pada wilayah studi.

Tabel 2 Rekapitulasi Curah Hujan Rancangan Distribusi Log Pearson Tipe III

Periode Ulang (T)	$\log \bar{X}$	K	S	$\log X_T$	X_T
2	1,82	0,119	0,16	1,84	69,18
5	1,82	0,857	0,16	1,96	91,20
10	1,82	1,180	0,16	2,01	100,33
25	1,82	1,488	0,16	2,06	114,82
50	1,82	1,652	0,16	2,08	120,23
100	1,82	1,791	0,16	2,11	128,82

C. Analisis Kesesuaian Distribusi

Pengujian distribusi data curah hujan menggunakan metode Smirnov Kolmogorov dilakukan dengan tujuan mengevaluasi kesesuaian data terhadap distribusi teoritis Log Pearson Type III. Tahapan pengujian dimulai dengan mengurutkan data curah hujan dari yang terbesar, kemudian menghitung nilai fungsi $f(t)$, probabilitas $P(X_i)$, nilai $P'(X_i)$, dan selisih maksimum (Δ_{maks}) antara distribusi kumulatif empiris dan teoritis. Berdasarkan perhitungan, diperoleh nilai Δ_{maks} sebesar 0,85, sedangkan nilai Δ_{kritis} pada taraf signifikansi 5% untuk 13 data adalah 0,368. Karena $\Delta_{maks} > \Delta_{kritis}$, distribusi teoritis Log Pearson Type III tidak dapat diterima berdasarkan uji Smirnov Kolmogorov, yang berarti data curah hujan tidak sepenuhnya mengikuti distribusi yang diasumsikan.

Selanjutnya, dilakukan uji Chi-Kuadrat untuk memvalidasi kembali kesesuaian distribusi data dengan metode Log Pearson Type III. Data dibagi ke dalam lima kelas dengan ekspektasi frekuensi (E_f) sebesar 2,60 dan frekuensi observasi (O_f) dihitung untuk setiap kelas. Nilai statistik Chi-Kuadrat diperoleh sebesar 0,46, sedangkan nilai kritis pada taraf signifikansi 5% dengan derajat kebebasan (DK) = 2 adalah 5,991. Karena $X^2 < X^2_{kritis}$, hasil ini menunjukkan bahwa distribusi frekuensi data curah hujan dapat diterima. Dengan demikian, meskipun uji Smirnov Kolmogorov menolak distribusi teoritis, uji Chi-Kuadrat memberikan hasil yang dapat diterima, sehingga distribusi Log Pearson Type III tetap dapat digunakan sebagai pendekatan dalam perhitungan curah hujan rencana.

Tahap berikutnya adalah menentukan distribusi curah hujan efektif jam-jaman menggunakan rumus intensitas hujan $I_t = R_o (6/t)^{2/3}$, dengan nilai R_o sebagai hasil pembagian curah hujan harian (R_{24}) terhadap enam jam hujan. Perhitungan ini menghasilkan distribusi hujan efektif terbesar pada jam pertama sebesar 55,03% dari total curah hujan, kemudian menurun bertahap hingga jam keenam sebesar 5,90%. Berdasarkan perhitungan hujan efektif dengan koefisien pengalir 0,75, diperoleh hujan rencana sebesar 51,885 mm untuk kala ulang 2 tahun, yang meningkat seiring dengan bertambahnya periode kala ulang. Hasil ini menjadi dasar dalam perencanaan hidrologi untuk perhitungan debit rencana dan desain infrastruktur pengendalian banjir.

D. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

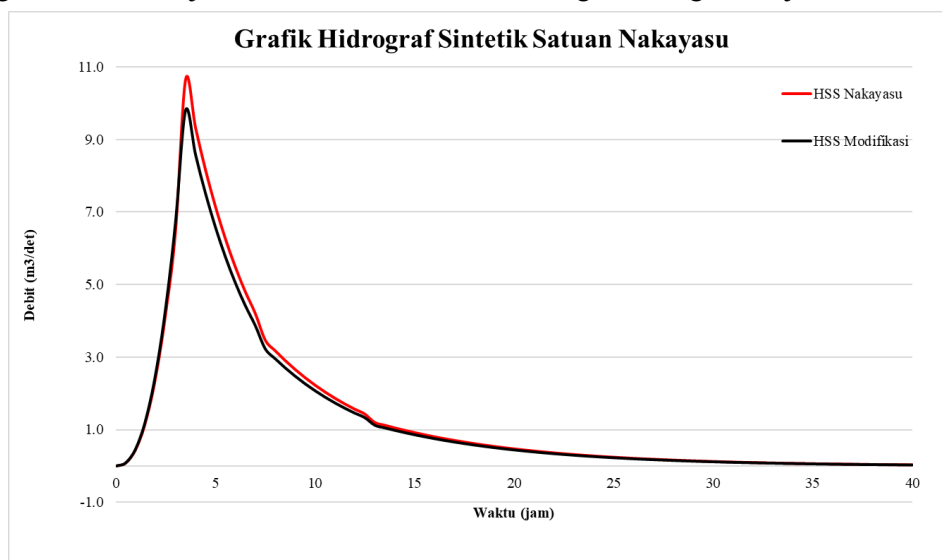
Metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu, yang dikembangkan di Jepang, digunakan untuk memodelkan respon aliran sungai terhadap curah hujan di suatu daerah aliran sungai (DAS) dengan menggunakan parameter hidrologi tertentu. Pada studi ini, parameter yang digunakan meliputi luas DAS sebesar 208,5 km² dan panjang sungai utama 32,215 km, yang keduanya diperoleh melalui analisis peta, serta harga satuan hujan efektif (R_o) sebesar 1 mm sebagai nilai tetapan dasar dalam perhitungan. Ketiga parameter tersebut menjadi dasar dalam membangun kurva hidrograf satuan yang merepresentasikan hubungan antara input hujan dan output debit aliran, sehingga dapat digunakan dalam analisis hidrologi untuk perencanaan dan desain bangunan pengendali banjir atau infrastruktur pengairan lainnya.

Perhitungan hidrograf satuan dengan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu dilakukan melalui beberapa tahapan utama menggunakan parameter yang telah ditentukan sebelumnya. Tahap awal adalah menghitung waktu konsentrasi hujan, di mana untuk panjang sungai (L) lebih dari 15 km digunakan rumus $t = 0,40 + 0,058 L$. Dari perhitungan ini diperoleh waktu konsentrasi (t_g) sebesar 2,268 jam, yang kemudian dimodifikasi menjadi 1,701 jam setelah mempertimbangkan faktor β . Selanjutnya, waktu efektif hujan (t_r) dihitung sebesar 1,642 jam, dan waktu menuju puncak banjir (T_p) dihitung sebesar 3,630 jam, atau 3,502 jam untuk nilai modifikasi. Waktu penurunan debit ($T_{0,3}$) diambil sebesar 4,537 jam dengan asumsi nilai $\alpha = 2$. Dari hasil ini, debit puncak (Q_p) dihitung

sebesar 10,295 m³/det dan 9,805 m³/det setelah dimodifikasi. Seluruh parameter ini dirangkum dalam Tabel 4.24 sebagai dasar pembentukan hidrograf.

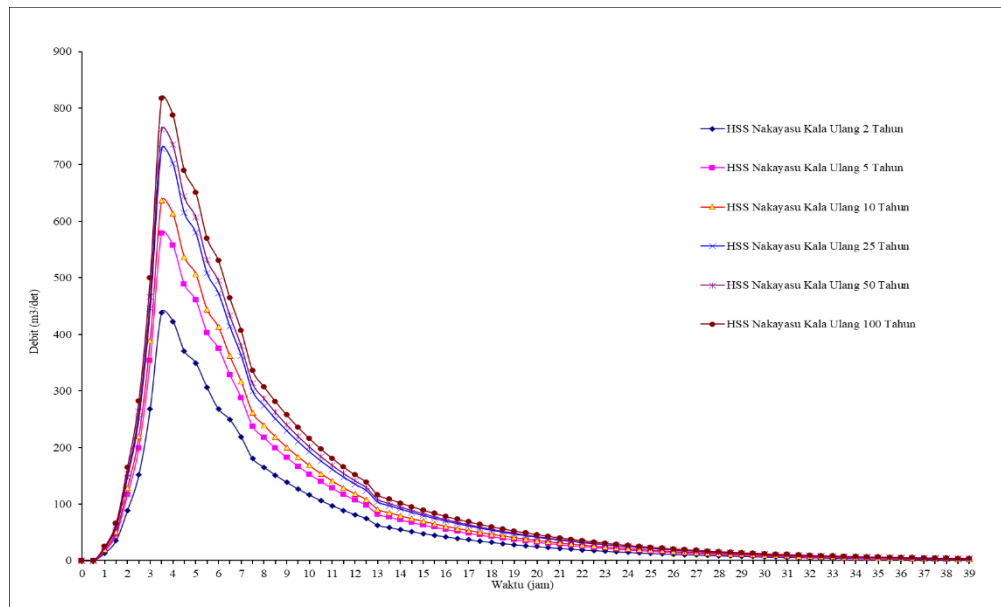
Setelah parameter utama diperoleh, langkah berikutnya adalah membentuk kurva hidrograf yang terdiri dari kurva naik dan kurva turun. Kurva naik dihitung menggunakan persamaan $Q_t = Q_p (t/T_p)^{2,4}$ untuk periode waktu dari awal hujan hingga puncak banjir, sedangkan nilai modifikasi menyesuaikan dengan T_p^* . Kurva turun dibagi menjadi tiga tahap, masing-masing menggunakan persamaan eksponensial dengan nilai koefisien 0,3 dan faktor waktu yang berbeda untuk tiap fase penurunan debit. Tahap pertama berlaku untuk periode antara T_p hingga $T_p+T_{0,3}$, tahap kedua dari $T_p+0,3$ hingga $T_p+T_{0,3}+1,5T_{0,3}$, dan tahap ketiga untuk periode setelahnya. Pada setiap tahap, dilakukan penyesuaian nilai modifikasi untuk memberikan hasil yang lebih akurat terhadap kondisi DAS yang dianalisis.

Hasil perhitungan debit pada setiap periode waktu kemudian disajikan dalam bentuk tabel untuk mempermudah penentuan besaran debit banjir pada interval 30 menit. Kolom tabel menampilkan periode hidrograf, persamaan Q_t , serta hasil kali Q_t dengan periode waktu, yang kemudian menjadi acuan utama dalam membangun hidrograf banjir sintetik.

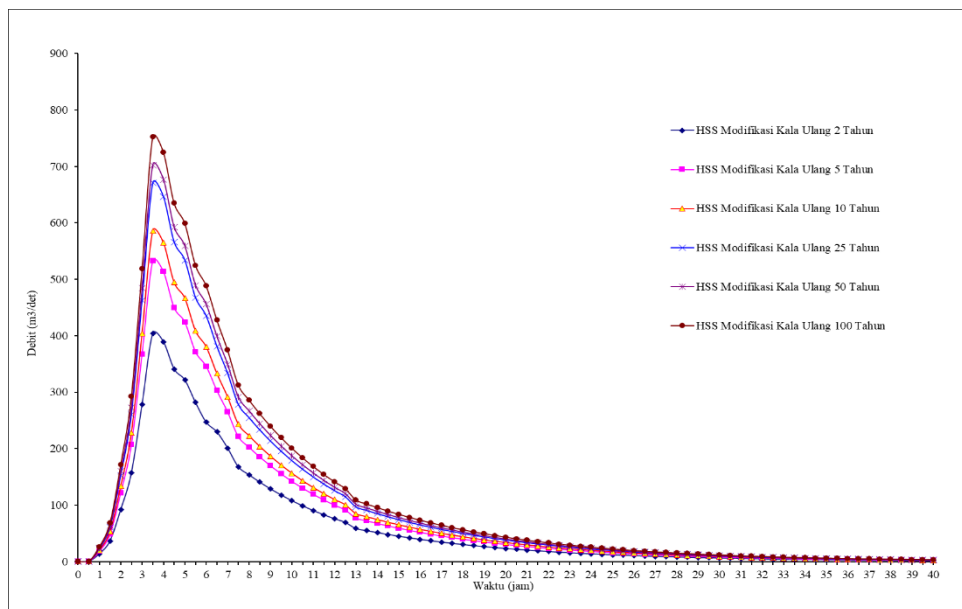


Gambar 2 Hubungan antara Debit (m³/det) dan Waktu (jam)

Perbandingan komponen Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu dengan HSS Modifikasi, meliputi waktu puncak (T_p), debit puncak (Q_p), dan waktu dasar (T_b). Berdasarkan hasil perhitungan, waktu puncak pada metode Nakayasu adalah 3,630 jam, sedangkan pada metode modifikasi sedikit lebih cepat yaitu 3,502 jam dengan simpangan sebesar 3,517%. Debit puncak menunjukkan perbedaan yang lebih signifikan, di mana nilai HSS Nakayasu mencapai 10,295 ltr/dtk, sementara HSS Modifikasi sebesar 9,805 ltr/dtk atau memiliki simpangan 4,762%. Adapun waktu dasar tidak menunjukkan perbedaan antara kedua metode, masing-masing sebesar 39 jam dengan simpangan 0%. Perbedaan ini menunjukkan bahwa penerapan HSS Modifikasi menghasilkan estimasi debit puncak yang lebih rendah dan waktu puncak yang sedikit lebih cepat dibandingkan metode Nakayasu standar, meskipun waktu dasar tetap sama.



Gambar 3 Hidrograf Banjir Rancangan HSS Nakayasu



Gambar 4 Hidrograf Banjir Rancangan HSS Modifikasi

Tabel 3 menunjukkan perbandingan debit banjir yang dihitung menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu dan HSS Modifikasi untuk berbagai periode ulang, yaitu 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa debit banjir yang dihasilkan oleh HSS Nakayasu selalu lebih tinggi dibandingkan dengan HSS Modifikasi pada semua periode ulang. Misalnya, untuk periode ulang 2 tahun, debit HSS Nakayasu adalah 438,78 m³/dtk, sedangkan HSS Modifikasi adalah 403,97 m³/dtk dengan selisih sekitar 7,93%. Pola yang sama terlihat pada periode ulang lainnya, dengan selisih persentase yang konsisten sebesar 7,93% di setiap interval. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa HSS Modifikasi menghasilkan estimasi debit banjir yang lebih rendah dan cenderung lebih konservatif dibandingkan HSS Nakayasu, meskipun selisihnya relatif konstan di seluruh periode ulang yang dianalisis.

Tabel 3 Selisih Debit Banjir HSS Nakayasu dan HSS Modifikasi

Periode Ulang	HSS Nakayasu (m ³ /dtk)	HSS Penyesuaian (m ³ /dtk)	Selisih (%)
2	438.78	403.97	7.9343
5	578.45	532.55	7.9343
10	636.35	585.86	7.9343
25	728.26	670.48	7.9343
50	762.57	702.07	7.9343
100	817.05	752.23	7.9343

E. Pembahasan

Pengujian konsistensi data menunjukkan bahwa hubungan antara curah hujan tahunan rata-rata akumulatif dengan curah hujan tahunan rata-rata di beberapa stasiun memiliki keterkaitan yang sangat kuat. Hal ini ditunjukkan oleh pola hubungan yang stabil dan minim penyimpangan, serta diperkuat oleh nilai koefisien determinasi (R^2) yang mendekati sempurna. Konsistensi ini menjadi dasar yang kuat untuk melanjutkan analisis hidrologi pada daerah tangkapan air yang diteliti. Selanjutnya, penentuan curah hujan rancangan dilakukan dengan menggunakan metode rata-rata kawasan, di mana semua data stasiun hujan di DAS Tabo-tabo digabungkan untuk mendapatkan nilai rata-rata. Distribusi frekuensi kemudian dianalisis dengan metode Log Pearson Tipe III yang memenuhi kriteria uji distribusi, menghasilkan nilai koefisien kemencengan (Cs) yang digunakan untuk menghitung curah hujan rancangan dalam berbagai periode ulang, yang selanjutnya diturunkan menjadi distribusi hujan efektif jam-jaman.

Perhitungan hidrograf satuan sintetik dilakukan dengan mempertimbangkan parameter-parameter utama, khususnya panjang sungai sebagai faktor penentu debit puncak. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa bentuk hidrograf antara metode HSS Nakayasu dan versi modifikasi memiliki perbedaan yang sangat kecil baik dalam waktu mencapai puncak maupun besarnya debit puncak, dengan simpangan di bawah 5%. Penyimpangan tersebut terutama dipengaruhi oleh nilai koefisien α dan debit puncak (Q) yang digunakan dalam modifikasi perhitungan. Nilai α yang diperoleh berada di luar kisaran nilai α pada persamaan standar Nakayasu, sehingga menghasilkan sedikit perbedaan pada parameter hidrograf, namun tidak signifikan terhadap bentuk keseluruhan hidrograf yang dihasilkan.

Analisis selisih debit banjir menunjukkan bahwa besarnya debit banjir yang dihasilkan relatif kecil dengan waktu aliran yang berlangsung cukup lama. Hal ini menggambarkan karakteristik DAS Tabo-tabo yang berbentuk memanjang atau menyerupai bulu burung, yang menyebabkan respon aliran terhadap hujan menjadi lebih lambat dan terdistribusi merata. Selisih debit banjir antara metode HSS Nakayasu dan modifikasi menunjukkan nilai yang konsisten, berada di bawah 10% pada semua periode ulang, sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan metode modifikasi tidak memberikan perbedaan yang signifikan terhadap hasil perhitungan debit banjir.

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa karakteristik DAS, seperti luas, panjang sungai, dan bentuknya, memiliki pengaruh yang signifikan terhadap parameter Hidrograf Satuan Sintetik (HSS). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa HSS Nakayasu menghasilkan waktu puncak (T_p) sebesar 3,630 jam dengan debit puncak (Q_p) sebesar 10,295 m³/dtk, sedangkan HSS Modifikasi memberikan nilai T_p sebesar 3,502 jam dengan Q_p sebesar 9,805 m³/dtk, dengan simpangan masing-masing 5,517% untuk waktu puncak dan 4,762% untuk debit puncak, yang keduanya berada di bawah 5%. Selain itu, selisih debit banjir pada setiap periode kala ulang antara kedua metode adalah konstan

sebesar 7,9343%, yang menunjukkan bahwa metode HSS ini, baik versi asli maupun modifikasi, cukup andal dan dapat dijadikan referensi dalam menentukan debit banjir pada DAS yang diteliti.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, T., Musa, R., & Mallombassi, A. (2022). Analisis Kebutuhan Air Irigasi Akibat Perubahan Tata Guna Lahan. *Jurnal Flyover*, 2(2), 66–75. <https://doi.org/10.52103/JFO.V2I2.1343>
- Ariesandy Maya A, J. S., Musa, R., & Sar, M. (2024). Kajian Sumur Resapan Dalam Mengurangi Risiko Limpasan Permukaan di Kawasan Pondambea Kota Kendari. *Jurnal Flyover*, 4(1), 167–180. <https://doi.org/10.52103/JFO.V4I1.2175>
- Arsyad, Sitanala, 1989, Konservasi Tanah dan Air, IPB : Bogor.
- Asdak. 2010. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press
- Asmar., Musa, R., & Mallombassi, A. (2022). Kajian Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan terhadap Debit Banjir pada Daerah Aliran Sungai Gilireng (DAS Gilireng). *Jurnal Konstruksi Program Pascasajana UMI*, 1(8), 12-19. <https://pasca-umi.ac.id/index.php/kons/article/view/1135>
- Aunurrafiq, Musa, R., & Sar, M. (2024). Kajian Pengaruh Tata Guna Lahan terhadap Debit Banjir. *Jurnal Flyover*, 4(1), 87–98. <https://doi.org/10.52103/JFO.V4I1.2168>
- Bambang, T, 2008, Hidrologi Terapan, Beta Offset, Yogyakarta
- Donny harisuseno, 2017, limpasan permukaan secara keruangan : Spatial Runoff, Malang, UB Press, h4
- Fernanda, F., Ashad, H., & SAR, M. (2024). Kajian Pola Hujan Akibat Pemanasan Global pada DAS Konaweha Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Flyover*, 4(2), 191–202. <https://doi.org/10.52103/JFO.V4I2.2177>
- Fikri Wahyuddin, M. S., Musa, R., & Ashad, H. (2024). Kajian Koefisien Limpasan Penutup Lahan dengan Perkerasan Aspal (Uji Laboratorium). *Jurnal Flyover*, 4(1), 133–142. <https://doi.org/10.52103/JFO.V4I1.2172>
- Hidayat, M. I., Hadi, A. K., & Musa, R. (2022). Kelayakan Proyek Pembangunan Jaringan Irigasi Daerah Irigasi (DI) Teko Kabupaten Sinjai. *Jurnal Flyover*, 2(2), 86–98. <https://doi.org/10.52103/JFO.V2I2.1346>
- Husna, A. 2024. Evaluasi Jumlah Penakar Hujan Pada DAS Tabo – Tabo Kabupaten Pangkep. Skripsi. Universitas Muslim Indonesia. Makassar.
- Kasrawati, Musa, R., & Mallombassi, A. (2022). Perbaikan Alur Sungai Akibat Debit Banjir. *Jurnal Flyover*, 2(1), 48–55. <https://doi.org/10.52103/JFO.V2I1.871>
- Katili, N. P. R., Musa, R., & SAR, M. (2024). Evaluasi Kinerja Sistem Irigasi pada Daerah Irigasi Posso Kabupaten Gorontalo Utara. *Jurnal Flyover*, 4(2), 211–224. <https://doi.org/10.52103/JFO.V4I2.2180>
- Kurniawati, A., Musa, R., Mallombassi, A., & Wellang, M. (2021). Kajian Debit Banjir di Wilayah Sungai Saddang Kabupaten Pinrang Sulawesi Selatan dengan Menggunakan Grafik Creager. *Jurnal Flyover*, 1(2), 1–7. <https://doi.org/10.52103/JFO.V1I2.755>
- L, Lily Montarcih. (2009). Hidrograf Satuan Sintetik Limantara. *Jurnal Rekayasa Sipil* 3(3), 209-226.
- Linsley, Ray K, M.A. Kohler dan JLH Pualhus. 1986. Hidrologi untuk Insinyur. Terjemahan Yandi Hermawan, Erlangga, Jakarta
- Maddi, H. C., Musa, R., & Ashad, H. (2021). Kajian Pengendalian Banjir dengan Menggunakan Waduk Regulasi. *Jurnal Flyover*, 1(1), 21–32. <https://doi.org/10.52103/JFO.V1I1.658>

- Mohamad, I., Musa, R., & Ashad, H. (2021). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Petugas Operasi dan Pemeliharaan dalam Pengelolaan Operasi Jaringan Irigasi. *Jurnal Flyover*, 1(2), 48–59. <https://doi.org/10.52103/JFO.V1I2.750>
- Muhidin, A. H., Musa, R., & Latif, A. A. (2024). Kajian Potensi Sedimen Di Sub-DAS Bionga-Bulota terhadap Upaya Penanganan Pendangkalan Danau Limboto. *Jurnal Flyover*, 4(2), 359–369. <https://doi.org/10.52103/JFO.V4I2.2204>
- Mulyo, A. 2004. Pengantar Ilmu Kebumihan. Bandung: Pustaka Setya.
- Musa, R., & Mallombas, A. (2024). Kajian Erosi dan Sedimentasi Pada Sub Das Jenelata Kabupaten Gowa. *Jurnal TESLINK: Teknik Sipil dan Lingkungan*, 6(2), 308–315. <https://doi.org/10.52005/teslink.v6i2.413>
- Musa, R., Pratama, W., & Subhan, A. M. (2025). Kajian Potensi Pemanenan Air Hujan sebagai Sumber Air Alternatif di Kampus Pascasarjana Universitas Muslim Indonesia. *Jurnal Flyover*, 5(1), 85–96. <https://doi.org/10.52103/JFO.V5I1.2213>
- Musa, Ratna. 2024. Model Hidrograf Daerah Aliran Sungai, PT. Nas Media Indonesia, Makassar
- Nirmalawaty, D., Musa, R., & Latif, A. A. (2024). Kajian Peran P3A Sipakainga 1 terhadap Kinerja Jaringan Irigasi Saddang UPTD Langnga Kabupaten Pinrang. *Jurnal Flyover*, 4(2), 235–246. <https://doi.org/10.52103/JFO.V4I2.2192>
- Poleanto, E., Musa, R., & Subhan, A. M. (2024). Kajian Kinerja Operasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi D.I Bendung Amohalo Kota Kendari. *Jurnal Flyover*, 4(1), 181–190. <https://doi.org/10.52103/JFO.V4I1.2176>
- Priyanto, R. E., Musa, R., & SAR, M. (2024). Kajian Geometrik dan Kapasitas Penampang Sungai Klagison Kota Sorong Menggunakan Metode HEC-RAS. *Jurnal Flyover*, 4(2), 287–298. <https://doi.org/10.52103/JFO.V4I2.2197>
- Putri, A. S. S., Ashad, H., & SAR, M. (2024). Kajian Model Debit Banjir Hidrograf Daerah Aliran Sungai Maros. *Jurnal Flyover*, 4(2), 247–256. <https://doi.org/10.52103/JFO.V4I2.2193>
- Ribowo, L., Ashad, H., & SAR, M. (2024). Analisis Pola Hujan Terhadap Parameter Iklim Subdas Klagison Kota Sorong. *Jurnal Flyover*, 4(2), 313–322. <https://doi.org/10.52103/JFO.V4I2.2199>
- Riduan, Musa, R., & Latif, A. A. (2024). Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Jongaya dengan Menggunakan Software HEC-RAS. *Jurnal Flyover*, 4(2), 225–234. <https://doi.org/10.52103/JFO.V4I2.2181>
- Rizal, R. (2023). Kajian Potensi Pemanfaatan Air Tanah Berdasarkan Data Geolistrik Resistiviti untuk Air Baku. *Jurnal Flyover*, 3(2), 120–128. <https://doi.org/10.52103/JFO.V3I2.1637>
- Rizky Auliarahman, R., Musa, R., & Mallombassi, A. (2024). Kajian Penilaian Kerusakan Jaringan Irigasi Bila Kanan, Kabupaten Sidenreng Rappang. *Jurnal Flyover*, 4(1), 1–11. <https://doi.org/10.52103/JFO.V4I1.2153>
- Saifudin, I. and S. (2017). Kajian Respon Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Karakteristik Hidrologi Das Garang. *Eprints Undip*, 21–45. <http://eprints.undip.ac.id/55640/>
- Saputra, R. E., Musa, R., & Ashad, H. (2024). Kajian Debit Banjir Sungai terhadap Kala Ulang pada Sungai Wanggu di Kota Kendari Sulawesi Tenggara. *Jurnal Flyover*, 4(2), 323–332. <https://doi.org/10.52103/JFO.V4I2.2200>
- Soemarto, CD. 1995, Hidrologi Teknik, Erlangga, Jakarta.
- Soewarno, 2000, jilid I, HIDROLOGI OPERASIONAL, PT. Citra Aditya, Bandung.
- Soewarno. 1995. Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data Jilid 1. Bandung : Nova
- Sosrodarsono, Suyono dan Kensaku Takeda, 1993, Hidrologi untuk Pengairan. PT. Pradnya Paramitha, Jakarta.
- Sri Harto. 1995. Analis Hidrologi, PAU Ilmu Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta

- Subarkah, Imam. 1980. Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air, Idea Dharma, Bandung.
- Sudjarwadi, 1987. Teknik Sumberdaya Air. Diktat kuliah Jurusan Teknik Sipil UGM, Yogyakarta.
- Suripin, 2004, Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan, Andi, Yogyakarta.
- Syamsuddin, A, Purwanengsy, 2024, Kajian Pengaruh Parameter Hidrograf Satuan Sintetik Berdasarkan Karakteristik Daerah Aliran Sungai (Studi Kasus Daerah Irigasi Kiru-Kiru Kab. Barru). Tesis. Universitas Muslim Indonesia. Makassar
- Syamsuddin, P. A., Musa, R., & Ashad, H. (2022). Kajian Pengaruh Parameter Hidrograf Satuan Sintetik Berdasarkan Karakteristik Daerah Aliran Sungai (Studi Kasus Daerah Irigasi Kiru-Kiru Kab. Barru). *Jurnal Teknik Sipil MACCA*, 7(1), 50-56. <https://jurnal.ft.umi.ac.id/index.php/jtsm>
- Syofyan, E. R., Saidi, A., Istijono, B., & Herdianto, R. (2016). Kajian Model Hidrograf Akibat Perubahan Tataguna Lahan dengan Menggunakan Data Lapangan DAS Batang Air Dingin Study of Hydrograph Assessment Model Due Changes in Land Use Using Batang Air Dingin Watershed Fields Data. *Poli Rekayasa*, 12, 38– 39.
- Toding, R. O., Ashad, H., & SAR, M. (2025). Evaluasi Operasi Waduk Ameroro Kabupaten Konawe untuk Keperluan Irigasi. *Jurnal Flyover*, 5(1), 189–200. <https://doi.org/10.52103/JFO.V5I1.2231>
- Tunas, I Gede. (2017). Pengembangan Model Hidrograf Satuan Sintetik Berdasarkan Karakteristik Fraktal Daerah Aliran Sungai. Surabaya: Departemen Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh November.
- Wilson, E.M, (1990). Hidrologi Teknik, Buku Teks edisi ke Empat, Penerbit ITB, Bandung
- Yamin, A., Ashad, H., & Sar, M. (2024). Kajian Kerusakan Bangunan Pantai pada Kawasan Anaiwoi – Kampung Bajo Kabupaten Kolaka. *Jurnal Flyover*, 4(1), 121–132. <https://doi.org/10.52103/JFO.V5I1.2171>