

Pengaruh Variasi *Curve Number* Berbasis Citra Satelit (Sentinel-2, Landsat, dan MODIS) Terhadap Kinerja Model HEC-HMS

Reinildis Citraliana Bandu^{*1}, Joko Sujono², Vempi Satriya Adi Hendrawan³

^{1,2,3} Dapertemen Teknik Sipil dan Lingkungan

Email: ¹reinildiscitralianabandu@mail.ugm.ac.id, ²jsujono@ugm.ac.id, ³vempi@ugm.ac.id

Abstrak

Penentuan nilai *curve number* (CN) merupakan salah satu parameter penting dalam analisis hidrologi terutama dalam transformasi hujan menjadi aliran. Pengklasifikasian kelas jenis tanah dan tata guna lahan untuk menentukan nilai CN sangat dipengaruhi oleh peta citra satelit yang digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai *curve number* berbasis citra satelit yang didapatkan dari Sentinel-2, Landsat dan MODIS serta pengaruhnya terhadap hidrograf yang dihasilkan. Transformasi hujan aliran dilakukan dengan metode CN untuk perhitungan hujan efektif, sedang metode HSS-SCS digunakan untuk mentransformasikan hujan efektif ke hidrograf aliran. Analisis CN untuk ketiga jenis citra satelit tersebut dilakukan dengan Q-GIS dengan mengklasifikasikan jenis tutupan lahan dan jenis tanah. Hasil studi menunjukkan bahwa nilai CN tertinggi diperoleh dari peta citra satelit Sentinel-2 sebesar 84.37 akibat dominasi pemukiman yang menyebabkan kecenderungan *overestimated* debit dengan NSE -0,021 dan PBIAS 7.219. Sementara itu Landsat memberikan kinerja terbaik dengan NSE 0.182 dan PBIAS -2.086 serta MODIS menunjukkan NSE 0.073 dan PBIAS 5.212 akibat resolusi spasial yang cukup kasar. Meskipun demikian, evaluasi menunjukkan bahwa model masih membutuhkan proses kalibrasi untuk mendapatkan simulasi yang lebih baik dan meningkatkan kesesuaian antara debit simulasi dan observasi.

Kata kunci: *Curve Number*, Citra Satelit, Q-GIS, Tata guna lahan

Abstract

The determination of the curve number (CN) is one of the key parameters in hydrological analysis, particularly in the conversion of rainfall into runoff. The classification of soil types and land cover to determine CN values is heavily influenced by the satellite imagery used. This study aims to analyze CN values derived from Sentinel-2, Landsat, and MODIS satellite imagery and their impact on the resulting hydrographs. The rainfall-to-runoff transformation was performed using the CN method to calculate effective rainfall, while the HSS-SCS method was used to transform effective rainfall into a runoff hydrograph. CN analysis for the three types of satellite imagery was conducted using Q-GIS by classifying land cover types and soil types. The study results show that the highest CN value was obtained from the Sentinel-2 satellite image map at 84.37 due to the dominance of settlements, which caused a tendency for overestimated discharge with an NSE of -0.021 and a PBIAS of 7.219. Meanwhile, Landsat performed best with an NSE of 0.182 and a PBIAS of -2.086, while MODIS showed an NSE of 0.073 and a PBIAS of 5.212 due to its relatively coarse spatial resolution. Nevertheless, the evaluation indicates that the model still requires calibration to achieve better simulations and improve the agreement between simulated and observed discharge.

Keywords: *Curve Number*, Satellite Imagery, Q-GIS, Land Use

I. PENDAHULUAN

Pemodelan hidrologi digunakan untuk memperkirakan respons daerah aliran Sungai (DAS) terhadap kejadian hujan. Pendekatan ini banyak dimanfaatkan dalam analisis limpasan permukaan dan debit aliran. Hasil pemodelan tersebut mendukung perencanaan sumber daya air, pengendalian banjir, serta kondisi hidrologi suatu wilayah. Oleh karena itu, ketelitian parameter input/masukan ke sistem DAS menjadi aspek penting dalam proses pemodelan transformasi hujan-aliran.

Soil Conservation Services and Curve Number (SCS-CN) adalah metode untuk memodelkan volume limpasan. Parameter ini menggambarkan potensi infiltrasi dan limpasan suatu wilayah berdasarkan kondisi fisik permukaan lahan dan jenis tanah. Nilai CN ditentukan oleh beberapa faktor, seperti penggunaan lahan, jenis tanah, dan kondisi kebasahan DAS (Chow dkk., 1988). Perubahan faktor-faktor tersebut akan memengaruhi besar kecilnya nilai CN yang digunakan dalam model.

Penentuan nilai CN saat ini banyak dilakukan dengan memanfaatkan data citra satelit. Pendekatan ini dipilih karena mampu menyediakan informasi tutupan lahan secara cepat dan efisien. Berbagai citra satelit dapat digunakan untuk keperluan tersebut, seperti Sentinel-2, Landsat, dan MODIS. Namun, masing-masing citra memiliki resolusi spasial, temporal, dan spektral yang berbeda. Perbedaan karakteristik tersebut dapat menghasilkan klasifikasi tutupan lahan yang berbeda pada wilayah yang sama.

Perbedaan hasil klasifikasi tutupan lahan akan memengaruhi nilai CN yang diperoleh. Variasi nilai tersebut berpotensi menimbulkan perbedaan pada hasil simulasi Hidrologi transformasi hujan-aliran. HEC-HMS dapat digunakan untuk melakukan simulasi transformasi hujan-aliran dan mengidentifikasi daerah rawan banjir (Jawale & Thube, 2025). Dalam model HEC-HMS, nilai CN digunakan sebagai parameter kehilangan hujan untuk menghitung limpasan permukaan. Nilai CN merupakan parameter sensitif yang memengaruhi puncak banjir dan volume limpasan (Al-Mukhtar & Al-Yaseen, 2019). Oleh karena itu, penentuan nilai CN menjadi penting agar hasil simulasi dapat merepresentasikan kondisi DAS dengan baik.

Berdasarkan kondisi tersebut, perlu dilakukan evaluasi terhadap nilai CN yang diperoleh dari berbagai sumber citra satelit. Evaluasi ini diperlukan untuk mengetahui sejauh mana perbedaan sumber data citra satelit seperti Sentinel-2, Landsat, dan MODIS terhadap nilai CN dan pengaruhnya terhadap hidrograf limpasan yang dihasilkan dengan menggunakan model HEC-HMS.

II. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di hulu daerah aliran sungai Code, yang secara administratif terletak di kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Data karakteristik DAS yang digunakan meliputi luas, panjang sungai, kemiringan lereng, penggunaan lahan dan peta jenis tanah. Data ini menjadi dasar dalam penentuan parameter yang akan digunakan dalam transformasi hujan aliran dengan model HEC-HMS.

2.2. Data yang digunakan

Data yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 1, sedang perangkat lunak yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Data Penelitian

Data	Sumber
Curah Hujan Tahun 2018	Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak
Debit AWLR Pogung	Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak
Data Jenis Tanah	Kementrian Pertanian Nasional Indonesia
Data Digital Elevation Model (DEM)	https://tanahair.indonesia.go.id/
Sentinel-2	https://livingatlas.arcgis.com/landcoverexplorer/
Landsat	https://earthexplorer.usgs.gov/
MODIS	https://modis.gsfc.nasa.gov/

Adapun Alat dan perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 2

Tabel 2. Alat dan Perangkat Lunak

Data	Kegunaan
Quantum Gis (QGis)	Delineasi DAS, Pengelolaan Spasial dan tata guna lahan
Google Earth Engine	Ekstraksi citra
HEC-HMS	Transformasi hujan-aliran

2.3. Prosedur Pengelolaan data citra satelit

Prosedur pengolahan citra satelit adalah sebagai berikut:

1. Pengunduhan citra satelit dilakukan pada masing-masing website resmi yang telah disediakan. Pada penelitian ini khusus untuk Landsat dilakukan pengunduhan data dengan menggunakan bantuan Google Earth Engine (<https://earthengine.google.com/>).
2. Semua citra yang telah diunduh kemudian masing-masing diolah menggunakan bantuan aplikasi Q-GIS untuk mendapatkan jenis tutupan lahan untuk semua citra satelit dan jenis tanah.
3. Selanjutnya dilakukan klasifikasi tutupan lahan dan klasifikasi jenis tanah (*Hydrologic Soil Group*)
4. Setelah dilakukan klasifikasi jenis tanah untuk masing-masing kelas tutupan lahan, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai CN untuk masing-masing kelas. Pendekatan yang diterapkan adalah *lumped model* (Carpenter, 2006) yang mendeskripsikan DAS sebagai entitas tunggal.

$$CN_{komposit} = \frac{\sum CN_i \times A_i}{\sum A_i}$$

2.4. Pemodelan Hidrologi

Transformasi hujan-aliran menggunakan model HEC-HMS dengan model kehilangan air (*loss model*) SCS-CN sedang *transform model* menggunakan hidrograf satuan sintetik SCS.

SCS-CN Loss model:

$$\sum P_e = \frac{(\sum P - I_a)^2}{\sum P - I_a + S}$$

$$S = \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) 25.4$$

$$I_a = 0.2 S$$

dengan:

$$\begin{aligned} \sum P_e &: \text{total hujan efektif (mm),} \\ \sum P &: \text{total hujan (mm),} \\ S &: \text{potensi kehilangan air (mm)} \\ I_a &: \text{kehilangan awal (mm)} \\ CN &: \text{curve number.} \end{aligned}$$

HSS SCS transform model:

Parameter pokok HSS SCS dihitung dengan persamaan berikut (Chow, dkk., 1988)

$$Q_p = C \frac{A R_o}{t_p}$$

$$t_p = \frac{t_r}{2} + t_L$$

$$t_L = 0.6 t_c$$

Waktu konsentrasi t_c dapat dihitung dengan persamaan Kirpich:

$$t_c = 0.0663 L^{0.77} S^{-0.385} \text{ (jam)}$$

dengan:

$$\begin{aligned} Q_p &: \text{debit puncak,} \\ A &: \text{luas DAS (km}^2\text{),} \\ R_o &: \text{hujan satuan (1.0 mm),} \\ t_r &: \text{durasi hujan satuan (1.0 jam)} \\ t_p &: \text{waktu puncak (jam),} \\ t_c &: \text{waktu konsentrasi (jam),} \\ t_L &: \text{lag time (jam),} \\ C &: \text{konstanta (0.208).} \end{aligned}$$

2.5 Evaluasi Kinerja Model

Evaluasi kinerja model bertujuan untuk mengetahui ketelitian hasil transformasi hujan aliran dengan debit observasi. Pada analisis hidrologi ini data hujan yang digunakan resolusi harian dari tanggal 28 Februari sampai 11 April 2018, dan debit AWLR Pogung. Evaluasi statistik meliputi *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE), *Percent Bias* (PBIAS) dan *Relative Mean Error* (RME).

$$\begin{aligned} \text{NSE} &= 1 - \frac{\sum(Q_{obs} - Q_{sim})^2}{\sum(Q_{obs} - \bar{Q}_{obs})^2} \\ \text{PBIAS} &= \frac{\sum(Q_{sim} - Q_{obs})}{Q_{obs}} \times 100\% \\ \text{RME} &= \frac{1}{n} \sum \left(\frac{Q_{sim} - Q_{obs}}{Q_{obs}} \right) \times 100\% \end{aligned}$$

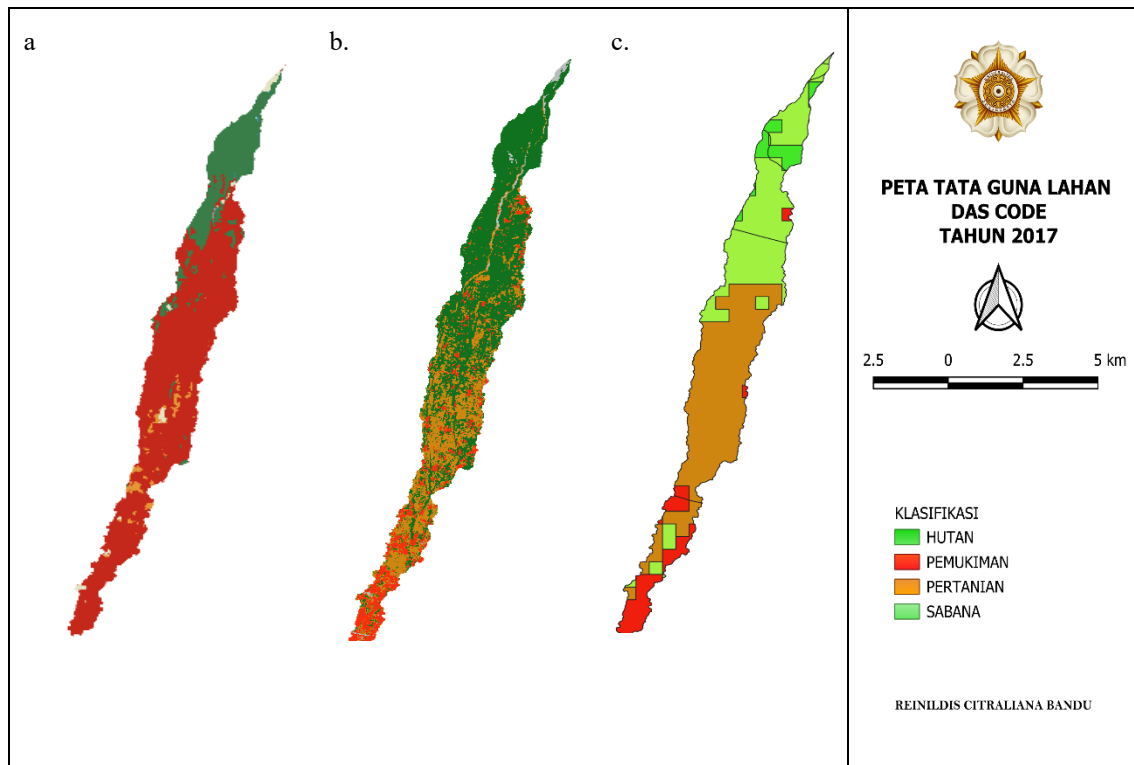
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penentuan Nilai Curve Number

Hasil pengolahan citra satelit dan HSG diperoleh nilai CN yang berbeda untuk masing-masing jenis citra satelit yang digunakan. Nilai CN berdasarkan citra satelit Sentinel-2, Landsat dan MODIS berturut turut sebesar 81.14, 74.35, dan 78.88. Perbedaan tersebut disebabkan karena setiap citra satelit memberikan informasi jenis tutupan lahan yang berbeda seperti terlihat pada Tabel 3 dan Gambar 1.

Tabel 3 Hasil analisis tutupan lahan berdasarkan citra satelit Sentinel-2, Landsat dan MODIS

Sumber	Hutan	Pemukiman	Pertanian	Lahan Terbuka
Sentinel-2	7.531	48.043	1.054	0.613
Landsat	22.145	20.396	13.313	1.263
MODIS	1.864	23.721	17.918	13.582



Gambar 1. Tutupan lahan berdasarkan citra satelit (a) Sentinel-2, (b) Landsat-8, (c) MODIS
Sumber: Sentinel-2, Landsat, MODIS Analisis Menggunakan Qgis

Klasifikasi penggunaan lahan berdasarkan citra satelit Sentinel-2 didominasi oleh pemukiman. Selain itu resolusi Sentinel-2 sebesar 10 m merupakan resolusi yang tinggi sehingga mampu mengidentifikasi tata guna lahan dengan sangat detail. Citra satelit MODIS memiliki resolusi yang sangat kurang yakni sebesar 300 m sehingga kurang mampu untuk melakukan analisis klasifikasi tata guna lahan dengan detail, sedang Landsat-8 memiliki resolusi yang cukup bagus selain Sentinel-2 yakni sebesar 30 m yang menyediakan data dari tahun 1972. Perbedaan sensitivitas ini mempengaruhi besarnya nilai CN yang didapatkan dari beberapa sumber citra yang digunakan.

3.2. Parameter Hidrologi

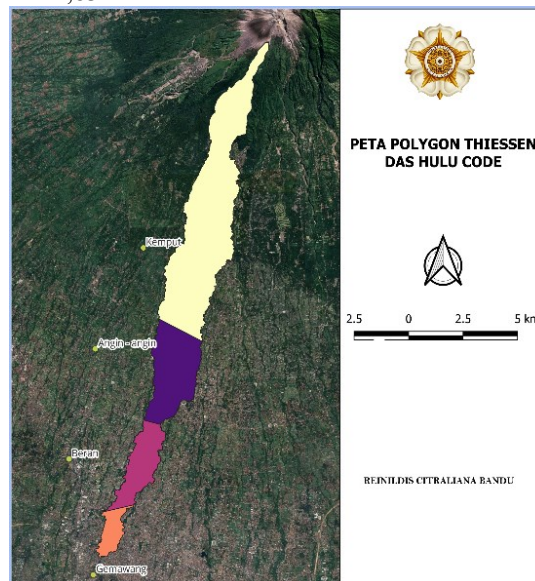
Parameter hidrologi didapatkan dengan analisis menggunakan data DEMNAS pada hulu DAS Code, menggunakan aplikasi Qgis. Adapun hasil simulasi parameter hidrologi hulu DAS Code dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Parameter Hidrologi

Parameter	Nilai
Luas DAS	36.075 km ²
Panjang Sungai Utama	27.95 km
Elevasi Hulu	1868 m
Elevasi Hilir	146 m
Kemiringan Sungai (S)	0.0616
Waktu Konsentrasi (t _c)	2.52 jam
Time Lag (t _L)	1.51 jam

Berdasarkan hasil perhitungan waktu konsentrasi menggunakan metode kirpich diperoleh waktu konsentrasi sebesar 2.52 jam. Nilai ini menunjukkan waktu yang dibutuhkan aliran dari titik terjauh DAS menuju outlet. Selanjutnya nilai *time lag* diperoleh 1.51 jam yang kemudian akan digunakan sebagai parameter SCS UH dalam HEC-HMS. Nilai ini menunjukkan respon DAS terhadap hujan yang relatif cepat, karena dipengaruhi oleh kemiringan DAS dan panjang sungai utama.

Nilai yang terdapat pada tabel 4 kemudian dimasukkan sebagai parameter utama dalam HEC-HMS dalam mentransformasikan hujan menjadi aliran. Pada pemodelan HEC-HMS ini menggunakan data curah hujan harian tanggal 28 Februari sampai 11 April 2018 dari 4 stasiun hujan yakni stasiun hujan kempot, angin-angin, beran dan gemawang. Perhitungan curah hujan kawasan menggunakan metode *polygon thiesen*. Adapun *polygon thiesen* yang digunakan dapat dilihat pada gambar 2. Stasiun curah hujan kempot, angin-angin, beran dan perumpung masing-masing memiliki luasan luasan yakni 22,12 km², 7,593 km², 4,505 km² dan 1,832km².



Gambar 2. Polygon Thiessen
Sumber: Analisis Demnas Menggunakan Qgis

3.3. Hasil Simulasi Debit

Hasil simulasi HEC-HMS menunjukkan bahwa perbedaan sumber peta tata guna lahan dari masing-masing citra menghasilkan debit puncak (Q_p) yang berbeda-beda pula. Perbedaan nilai debit puncak dari ketiga sumber dapat dilihat pada tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5 Debit Puncak Q_p dari Sentinel-2, Landsat dan MODIS

Sumber	Debit Puncak Harian (Q_p)
Sentinel-2	9.9 m ³ /s
Landsat	9.5 m ³ /s
MODIS	9.8 m ³ /s

Perbedaan debit puncak sangat dipengaruhi oleh nilai *curve number* (CN) dari masing-masing citra satelit. Nilai CN berkaitan langsung dengan kemampuan infiltrasi serta limpasan permukaan pada suatu daerah aliran sungai. Semakin besar nilai CN yang didapatkan, maka semakin besar pula limpasan permukaan dan menghasilkan debit puncak yang tinggi.

Citra sentinel menghasilkan debit puncak yang lebih tinggi karena memiliki resolusi yang cukup detail dibandingkan landsat dan MODIS. Pada gambar 1 tutupan lahan sentinel, dapat dilihat hulu DAS Code didominasi oleh pemukiman akibatnya volume limpasan permukaan yang dihasilkan semakin besar. Sementara itu landsat menghasilkan debit puncak yang lebih rendah yang menunjukkan infiltrasi lebih besar dan limpasan berkurang. Adapun citra MODIS menghasilkan debit puncak yang berada diantara sentinel dan landsat. Meskipun MODIS memiliki resolusi yang sangat kasar, hasil simulasi menunjukkan limpasan yang cukup tinggi.

Hasil tersebut menjelaskan bahwa pemilihan citra untuk tutupan lahan sangat berpengaruh terhadap debit puncak yang dihasilkan. Dengan demikian, variasi resolusi citra dan detail informasi tata guna lahanpun sangat mempengaruhi proses hidrologi DAS.

3.4. Evaluasi Kinerja Model

Evaluasi kinerja model dilakukan dengan membandingkan debit hasil simulasi harian dari masing-masing sumber citra dengan debit hasil observasi di AWLR Pogung. Adapun perbandingan nilai NSE, RME dan PBIAS dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Evaluasi Kinerja Model

Sumber	NSE	RMSE	PBIAS
Sentinel	0.021	1.770	7.219
Landsat	0.182	1.618	-2.086
MODIS	0.073	1.723	5.212

Berdasarkan parameter hasil perhitungan NSE, RMSE dan PBIAS, skenario berbasis citra landsat memberikan performa terbaik dibandingkan dengan sentinel dan MODIS. Hal ini menjelaskan bahwa sumber peta tutupan lahan sangat berpengaruh terhadap analisis hidrologi. Hasil perhitungan pada tabel 6 menjelaskan bahwa landsat mampu merepresentasikan kondisi DAS dengan cukup baik.

Nilai NSE yang cenderung negatif dari ketiga sumber citra menunjukkan bahwa model belum mampu menggambarkan pola debit secara maksimal yang dikarenakan pemodelan tanpa kalibrasi sehingga menghasilkan debit simulasi yang *overestimate* terhadap data observasi.

3.5 Pengaruh Resolusi Citra Terhadap Curve Number (CN) dan Simulasi Debit

Berdasarkan hasil analisis nilai *curve number* (CN) tertinggi yakni 84.373 yang didapatkan dari sentinel-2. Nilai CN ini yang tinggi ini menunjukkan bahwa wilayah penelitian ini didominasi oleh tutupan lahan yang memiliki kemampuan infiltrasi rendah, seperti pemukiman. Hal ini juga ditunjukkan pada peta hasil analisis tutupan lahan yang didominasi oleh pemukiman jika dibandingkan dengan citra lainnya. Perbedaan resolusi pada masing-masing citra menyebabkan pengaruh yang cukup signifikan terhadap

hasil yang didapatkan, terutama pada klasifikasi tutupan lahan. Keterbatasan ini berdampak pada nilai CN yang didapatkan.

Jika diurutkan dari yang memiliki resolusi paling detail, sentinel-2 memiliki resolusi paling tinggi yakni 10m dibandingkan dengan landsat dan MODIS. Namun pada penelitian ini, Sentinel-2 menghasilkan debit yang *overestimated*, sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa data spasial yang tinggi tidak selalu menghasilkan nilai CN yang representatif. Sensitivitas pada variasi kecil juga menyebabkan nilai CN yang relatif kurang stabil.

Sementara itu Landsat memiliki resolusi menengah menghasilkan nilai CN yang relative stabil, dan kinerja yang lebih baik terutama setelah dilakukan kalibrasi. Hal ini menjelaskan resolusi yang menengah juga mampu menghasilkan tutupan lahan yang cukup baik tanpa menghasilkan kompleksitas berlebih. Disisi lain citra MODIS memiliki resolusi yang sangat kasar dibandingkan dengan sentinel-2 dan landsat. Hal ini menyebabkan kurang akuratnya data yang dihasilkan sehingga berdampak pada nilai CN.

IV. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini:

1. Nilai CN yang diperoleh dari citra satelit menunjukkan perbedaan yang signifikan. Citra satelit Sentinel-2 menghasilkan nilai CN tertinggi yakni 81.14 karena didominasi oleh pemukiman, sedangkan landsat sebesar 74.35, dan MODIS menghasilkan nilai CN sebesar 78.88.
2. Variasi nilai CN memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap hasil pemodelan debit. Hasil penelitian menunjukkan data landsat memberikan performa terbaik yang ditunjukkan oleh nilai *Nash Sutcliffe Efficiency* (NSE) 0.182.
3. Nilai NSE untuk seluruh skenario masih relative kecil, menunjukkan bahwa model belum mampu merepresentasikan pola debit observasi secara optimal. Kondisi ini dikarenakan tidak dilakukan proses kalibrasi sehingga debit simulasi mengalami *overestimate*.
4. Hasil penelitian bersifat spesifik terhadap DAS penelitian sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut pada DAS dengan karakteristik berbeda untuk mengetahui konsistensi performa metode yang digunakan.

REFERENSI

- [1] K. Dwivedi, M. P., and T. pathi, "Preparation of Curve Number Map for hydrologic simulation using GIS and HEC-Geo-HMS Model," *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.*, vol. 9, no. 3, pp. 3264–3270, Mar. 2020, doi: 10.20546/ijemas.2020.903.374.
- [2] M. Kh Askar, "Rainfall-runoff model using the SCS-CN method and geographic information systems: a case study of Gomol River watershed," *Transactions on Ecology and The Environment*, vol. 178, pp. 1743–3541, 2014, doi: 10.2495/13.
- [3] P. S. Jawale and A. D. Thube, "Rainfall-runoff modeling of urban floods using GIS and HEC-HMS," *MethodsX*, vol. 15, Dec. 2025, doi: 10.1016/j.mex.2025.103437.
- [4] M. Al-Mukhtar and F. Al-Yaseen, "Modeling water quality parameters using data-driven models, a case study Abu-Ziriy marsh in south of Iraq," *Hydrology*, vol. 6, no. 1, 2019, doi: 10.3390/hydrology6010021.
- [5] Chow, V. T., Maidment, D. R., and Mays, L. W., *Applied Hydrology*, New York: McGraw-Hill, 1988.
- [6] Carpenter, T.M. and Georgakakos, K.P., "Intercomparison of lumped versus distributed hydrologic model ensemble simulations on operational forecast scales," *Journal of Hydrology*, vol. 329, no. 1–2, hal. 174–185, 2006.