

PEMODELAN HUJAN-ALIRAN DAS DI KOTA TARAKAN MENGUNAKAN MODEL HEC-HMS

Aswar Amiruddin^{1*}

¹ Program Studi Teknik Sipil FT Universitas Borneo Tarakan
^{*}aswaramir89@gmail.com

Abstrak: Diperlukan analisis terkait dengan debit banjir rencana untuk memperoleh desain pengaturan sungai yang optimal salah satunya dengan melakukan pemodelan hujan-aliran pada daerah aliran sungai atau DAS. Perangkat lunak yang digunakan dalam melakukan pemodelan hujan-aliran pada penelitian ini adalah HEC-HMS hasil pengembangan US Army Corps of Engineers (USACE). Perangkat HEC-HMS dapat melakukan pemodelan sistem DAS yang rumit dengan cara menyederhanakan sistem DAS tersebut, sehingga peneliti tertarik untuk mengkaji pemodelan hujan-aliran salah satu DAS di Tarakan menggunakan perangkat HEC-HMS. Tingkat ketelitian hasil simulasi pemodelan perangkat HEC-HMS sangat tergantung pada data yang tersedia serta metode yang digunakan oleh penggunanya. Tahap penelitian kali ini dimulai dari mengumpulkan data-data pendukung, menganalisis data-data untuk memperoleh parameter yang dianalisis oleh perangkat HEC-HMS kemudian melakukan pembahasan berdasarkan hasil pemodelan perangkat HEC-HMS. Hasil penelitian diperoleh parameter-parameter DAS antara lain, Luas DAS Binalatung (A_{DAS}) 15,58 km², Panjang Sungai Utama DAS (L) 7,65 km, dengan curve number (CN) 80,132. Hasil pemodelan HEC-HMS menunjukkan debit aliran puncak untuk periode ulang 2 tahun adalah 27,1 m³/s, periode ulang 5 tahun 31,5 m³/s, periode ulang 25 tahun 34,8 m³/s dan periode ulang 50 tahun 35,6 m³/s.

Kata kunci: HEC-HMS, DAS, hujan, debit aliran.

I. PENDAHULUAN

Intensitas hujan yang tinggi menyebabkan seringnya dijumpai aliran sungai dan anak sungai dengan muara terletak pada pantai di sisi timur dan di sisi barat Kota Tarakan. Aliran dari sungai-sungai tersebut melewati daerah perkotaan, sehingga oleh masyarakat dimanfaatkan sebagai saluran drainase utama (primer) bagi aliran limpasan maupun limbah domestik penduduk [1]. Permasalahan dari pemanfaatan aliran sungai sebagai saluran pembuang alami terjadi saat menentukan besaran debit aliran puncak yang akan mengalir melalui sungai-sungai tersebut yang disebabkan oleh banjir, sehingga diperlukan analisis terkait dengan debit aliran puncak atau debit banjir rencana untuk memperoleh desain pengaturan sungai yang optimal [2].

Pemodelan hujan menjadi aliran (hujan-aliran) dapat dijadikan sebagai instrumen untuk mengevaluasi debit aliran sungai melalui pendekatan menggunakan data hujan yang dapat diperoleh melalui pos-pos hujan pada suatu daerah aliran sungai (DAS). Daerah aliran sungai (DAS) memiliki karakteristik yang berbeda antara satu DAS dengan DAS yang lain, sehingga analisis debit banjir rencana sebisa mungkin didasarkan pada metode analisis yang tepat dan sesuai dengan karakteristik DAS yang diteliti agar dapat memberikan hasil perkiraan puncak banjir yang menyerupai kondisi banjir di lapangan.

Tidak semua DAS memiliki rekaman data debit sungai yang dapat dimanfaatkan untuk menganalisis hidrograf banjir, terutama pada DAS yang tidak terukur. Kekurangan ketersediaan rekaman data debit sungai ini mendorong pemodelan hidrologi sebagai alternatif pendekatan kuantitatif hujan-aliran tersebut [3]. Faktor-faktor yang berpengaruh pada pemodelan hujan-aliran diantaranya kondisi topografi, meteorologi dan kondisi penutupan lahan. Saat ini telah banyak dikembangkan pemodelan hujan-aliran. Pada penerapannya di bidang hidrologi, perkembangan model hidrologi didorong oleh hal-hal sebagai berikut [4]

- a. Adanya ketidakpuasan terhadap hasil analisis metode lama, yang didasarkan pada metode empiris atau model yang hanya didasarkan pada kondisi geografis.

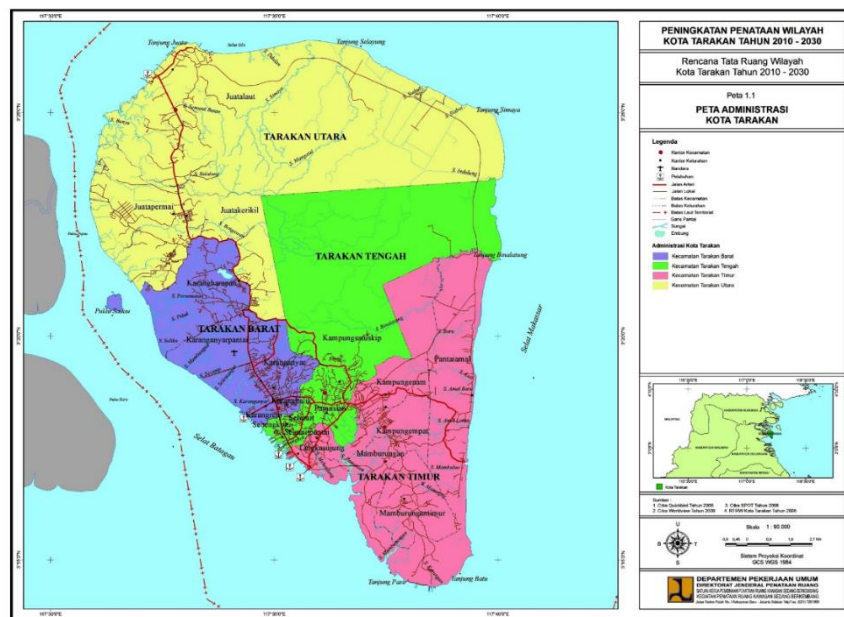
- b. Berkembangnya perangkat-perangkat komputer dengan pesat, termasuk perangkat lunak untuk pemodelan hidrologi.
- c. Tersedia dana penelitian untuk pengembangan metode metode baru yang lebih mendekati kondisi lapangan.
- d. Sistem hidrologi yang dianalisis sangat kompleks.
- e. Seringnya terjadi kesalahan saat peramalan ataupun prakiraan.

Salah satu model hidrologi yang dapat digunakan untuk melakukan analisis hujan-aliran adalah model HEC-HMS. HEC-HMS merupakan perangkat lunak yang dikembangkan oleh *US Army Corps of Engineers (USACE)*. Perangkat HEC-HMS dapat melakukan pemodelan terhadap sistem DAS yang rumit dengan cara menyederhanakan sistem DAS tersebut. Berdasarkan uraian di atas kami mencoba mengkaji analisis hujan-aliran di salah satu DAS Kota Tarakan yakni DAS Binalatung menggunakan HEC-HMS.

II. METODOLOGI

Lokasi penelitian

Lokasi penelitian berada di Kota Tarakan. Daerah Aliran Sungai (DAS) yang ditinjau pada penelitian kali ini adalah DAS Binalatung. DAS Binalatung melalui dua Kecamatan yakni Kecamatan Tarakan Tengah dan Kecamatan Tarakan Timur. Peta administrasi Kota Tarakan dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Peta Administrasi Kota Tarakan

Tahap penelitian

Tahapan penelitian kali ini terdiri dari tahap pengumpulan data, pembentukan parameter model, simulasi model dan analisis. Pada tahap pengumpulan data penulis mengumpulkan data-data yang digunakan saat pemodelan diantaranya data model elevasi digital (DEM), curah hujan bulanan dari BMKG Tarakan, data tutupan lahan yang bersumber dari peta tutupan lahan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan tahun 2020 dan data jenis tanah Kota Tarakan yang bersumber dari data RTRW Kota Tarakan tahun 2013.

Selanjutnya, tahap analisis data-data pendukung dimulai dari penetapan batas DAS dan elemen hidrologi, penentuan jenis tutupan lahan dan jenis tanah pada DAS. Penentuan batas DAS dan elemen hidrologi lainnya dianalisis secara spasial menggunakan perangkat *Geographic Information System (GIS)* yang memberikan hasil berupa luas DAS, panjang aliran sungai, dan kemiringan sungai. Pada tahap penentuan batas DAS menggunakan perangkat SIG, data masukan yang digunakan adalah *Digital Elevation Model National (DEMNAS)* yang

bersumber dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Batas DAS selanjutnya digunakan untuk menetapkan jenis tutupan lahan dan jenis tanah pada daerah aliran sungai (DAS) untuk menentukan nilai *Curve Number (CN)* melalui metode tumpang tindih peta batas DAS dan peta tutupan lahan maupun peta jenis tanah.

Selanjutnya, menentukan parameter-parameter yang digunakan pada pemodelan HEC-HMS berdasarkan karakteristik DAS yang diteliti. Kemudian menambahkan parameter-parameter lainnya yang berpengaruh terhadap hasil simulasi model Hujan-Aliran HEC-HMS. Tahap ini dilakukan dengan memberikan data masukan berupa data presipitasi dari hasil perhitungan *hyetograph* untuk setiap hujan rancangan.

Model HEC-HMS

Perangkat pemodelan hujan-aliran telah banyak diaplikasikan di Indonesia, salah satu pemodelan yang memberikan hasil yang memuaskan adalah HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center's-Hidrologic Modelling System*) [5]. HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System*) merupakan perangkat lunak yang dikembangkan oleh *US Army Corps of Engineers (USACE)*. HEC-HMS adalah perangkat lunak komputer yang digunakan untuk menganalisis hujan menjadi aliran serta mampu menganalisis penelusuran banjir pada suatu sistem DAS. Model yang dapat dipilih saat mengoperasikan perangkat HEC-HMS untuk menganalisis hujan-aliran adalah *volume runoff*, *direct runoff*, *baseflow* dan *channel flow*. Salah satu keunggulan dari perangkat HEC-HMS versi terbaru adalah konsep GIS (*Graphic Information System*) yang sebelumnya dianalisis menggunakan Hec Geo-HMS telah terintegrasi ke dalam perangkat HEC-HMS.

HEC-HMS didesain untuk dapat memudahkan simulasi perhitungan hujan menjadi aliran (*precipitation-runoff*) terutama bagi DAS yang memiliki pola dendritik. HEC-HMS juga dirancang agar dapat melakukan simulasi pada DAS yang berukuran besar (luas). Parameter fisik DAS telah diakomodasi dalam sub-sub model pada perangkat HEC-HMS.

Tingkat ketelitian hasil simulasi pemodelan perangkat HEC-HMS sangat tergantung pada data yang tersedia serta metode yang digunakan oleh penggunanya. Tingkat ketelitian hasil simulasi model sangat bergantung pada ketersediaan data dan metode yang dipilih oleh pengguna. Pilihan metode pemodelan yang ditawarkan perangkat HEC-HMS untuk menghitung parameter-parameter seperti *precipitation*, *volume runoff*, *direct runoff*, *baseflow* dan *channel flow* dapat dilihat pada tabel I [7].

Tabel 1. Pilihan metode pemodelan yang ditawarkan HEC-HMS

Perhitungan	Metode Pemodelan
<i>Volume Runoff Models</i>	<i>Initial and constant rate</i>
	<i>SCS Curve Number (CN)</i>
	<i>Gridded SCS CN</i>
	<i>Green And Ampt</i>
	<i>Deficit and Costant Rate</i>
	<i>Soil Moisture Accounting (SMA)</i>
	<i>Gridded SMA</i>
<i>Direct Runoff Models</i>	<i>User-spesified unit hydrograph</i>
	<i>Clark's UH</i>
	<i>Snyder's UH</i>
	<i>SCS UH</i>
	<i>Modclark</i>
<i>Baseflow Models</i>	<i>Kinematic wave</i>
	<i>Constant Monthly</i>
	<i>Exponential Resession</i>
	<i>Linier Reservoir</i>
<i>Routing Models</i>	<i>Kinematic Wave</i>
	<i>Lag</i>
	<i>Modified Puls</i>
	<i>Muskingum</i>
	<i>Muskingum-Cunge Standard</i>

Model volume runoff

Model volume aliran langsung yang digunakan pada penelitian ini adalah SCS *Curve Number* (CN). Model SCS CN menghitung perkiraan jumlah kumulatif hujan yang tersimpan sebagai pengaruh dari beberapa parameter seperti hujan, kemiringan lahan, tataguna lahan, dan *antecedent moisture*. Kelebihan hujan inilah yang kemudian dihitung sebagai volume limpasan (*runoff*) oleh HEC-HMS. Persamaan untuk model *volume runoff* SCS CN sebagai berikut :

$$P_e = \frac{(P-I_a)^2}{P-I_a+S} \quad (1)$$

$$I_a = 0,2 \times S \quad (2)$$

dimana P_e = kumulatif hujan pada waktu t, P = curah hujan rencana pada saat t, I_a = kelebihan hujan awal, S = kemampuan DAS mempertahankan curah hujan maksimum yang dihitung berdasarkan persamaan berikut :

$$S = \frac{25400-254CN}{CN} \quad (3)$$

Dimana S = nilai retensi maksimum dan nilai CN merupakan parameter *Curve Number* dari kondisi lahan DAS. Nilai CN bervariasi, nilai CN 100 untuk badan air dan nilai CN 30 untuk permukaan tanah dengan kondisi mudah lolos air atau laju infiltrasi yang cukup tinggi. Nilai CN dari dapat diperoleh melalui perkiraan bahwa DAS merupakan suatu fungsi dari tataguna lahan, tipe tanah, dan kelembaban DAS (*antecedent watershed moisture*). Parameter tersebut dapat diperoleh melalui pendekatan terhadap nilai CN yang telah dipublikasikan oleh SCS seperti terlihat pada tabel II [7].

Tabel 2. Kelompok jenis tanah dan parameter kehilangan menurut model SCS

Soil group	Description	Range of loss rates (in/hr)
A	Deep sand, deep loess, aggregated silts	0.30-0.45
B	Shallow loess, sandy loam	0.15-0.30
C	Clay loams, shallow sandy loam, soils low in organic content, and soils usually high in clay	0.05-0.15
D	Soils that swell significantly when wet, heavy plastic clays, and certain saline soils	0.00-0.05

Model direct runoff

Model limpasan langsung pada perangkat lunak HEC-HMS dihitung menggunakan prinsip hidrograf satuan (*unit hydrograph*). Model hidrograf satuan yang dipilih oleh peneliti kali ini adalah model SCS *Unit Hydrograph*. Model SCS UH merupakan model hidrograf yang memiliki puncak tunggal (*single-peaked*) dan tidak berdimensi (*dimensionless*). Pada metode SCS UH puncak hidrograf dapat diperoleh dengan persamaan :

$$U_p = C \times \frac{A}{T_p} \quad (4)$$

Dimana A = luas DAS, C = konstanta konversi (2,08); dan T_p = waktu puncak. Persamaan untuk T_p adalah sebagai berikut

$$T_p = \frac{\Delta_t}{2} + t_{lag} \quad (5)$$

Δ_t = waktu yang diperlukan untuk memperoleh hujan efektif dan t_{lag} = selisih waktu antara puncak kejadian hujan sampai puncak hidrograf dengan persamaan sebagai berikut

$$t_{lag} = 0,6 \times t_c \quad (6)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hujan Rancangan

Data hujan yang digunakan pada penelitian kali ini bersumber dari Stasiun Meterologi Kelas III Juwata – Tarakan dengan koordinat 03°19'36" LU dan 117°34'11" BT. Analisis awal dari pengolahan data hujan kali ini adalah menganalisis statistik dasar dari sampel data hujan untuk menentukan metode distribusi data hujan yang kemudian digunakan untuk menganalisis hujan rancangan. Berdasarkan hasil analisis statistik dasar diperoleh nilai koefisien skewnes (Cs) - 0,59594, koefisien kurtois (Cv) adalah 0,1570 dan koefisien variasi (Ck) adalah 2,97570. Nilai-nilai tersebut selanjutnya digunakan dalam pemilihan metode distribusi hujan rancangan yang digunakan. Metode distribusi hujan terpilih adalah Log pearson type 3 yang hasilnya dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisis distribusi hujan metode Log pearson type 3

T	P(%)	Cs	G	Log X	X (mm)
2	50	-1,2392	0,200881687	2,100926415	126,1613755
5	20	-1,2392	0,841647325	2,148050535	140,6211142
25	10	-1,2392	1,07717747	2,165372236	146,343095
50	5	-1,2392	1,234138976	2,176915727	150,2850317

Uji Chi-Kuadrat

Uji chi-kuadrat dilakukan untuk mengetahui apakah distribusi peluang dari metode yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel yang dianalisis. Hasil pengujian chi - square metode Log pearson type 3 dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan uji Chi-Kuadrat untuk Log pearson type 3

No.	Nilai Batas		Jumlah Data		(OF - EF) ²	(OF - EF) ² / EF	
	Sub Kelas		OF	EF			
1	X	<	107,822	1	2,2	1,440	0,655
2	107,822	< x <	119,726	4	2,2	3,240	1,473
3	119,726	< x <	130,808	2	2,2	0,040	0,018
4	130,808	< x <	140,621	3	2,2	0,640	0,291
5	X	>	140,621	1	2,2	1,440	0,655
Jumlah :				11	11	6,800	3,091

Keterangan :

OF = Nilai Pengamatan

EF = Nilai Teoritis

$X^2_{hitung} = 3,091$

DK = K - (P + 1)

K (jumlah kelas) = 5

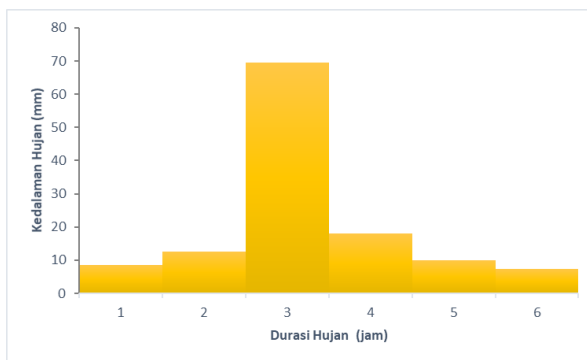
P (parameter yang terikat dalam agihan frekuensi) = 2

Untuk : DK = 2 dan $\alpha = 5\%$, maka $X^2_{cr} = 5,991$

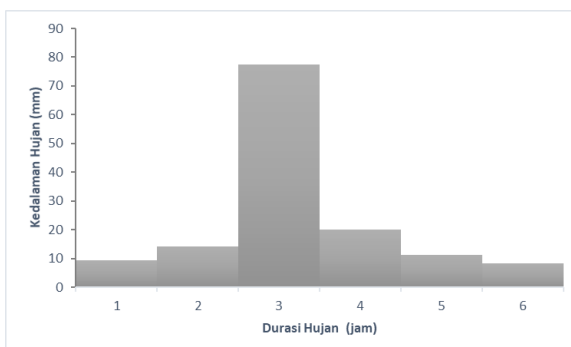
Karena $X^2_{hitung} < X^2_{cr}$ sehingga distribusi frekuensi dapat diterima

Hyetograph Hujan Rancangan

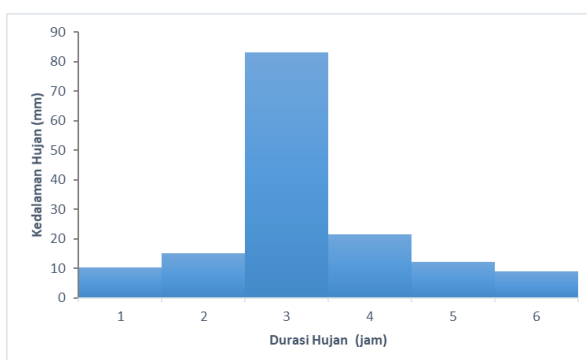
Metode yang digunakan untuk menganalisis hyetograph pada penelitian ini adalah metode ABM, sedangkan analisis intensitas hujan untuk memperoleh sebaran hujan selama 6 jam menggunakan metode Mononobe. Hyetograph Hujan Rancangan untuk periode ulang 2, 5, 25, 50 tahun dapat dilihat pada gambar 2 – gambar 5



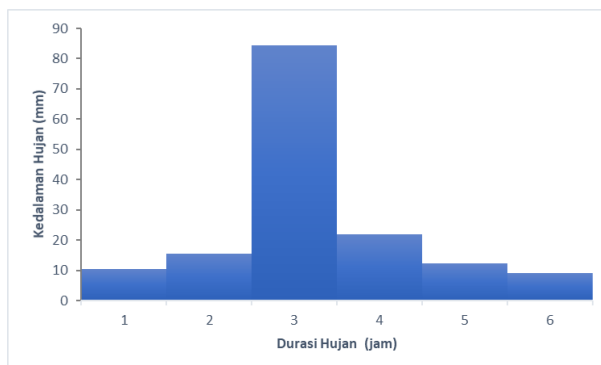
Gambar 2. Pola distribusi hujan 6 jam periode ulang 2 tahun



Gambar 3. Pola distribusi hujan 6 jam periode ulang 5 tahun



Gambar 4. Pola distribusi hujan 6 jam periode ulang 25 tahun



Gambar 5. Pola distribusi hujan 6 jam periode ulang 50 tahun

Parameter DAS

Parameter DAS disimulasi menggunakan software HEC-HMS pada penelitian ini diantaranya :

Luas DAS (A) = 15,5785 km²

Panjang Sungai (L) = 7,65 km

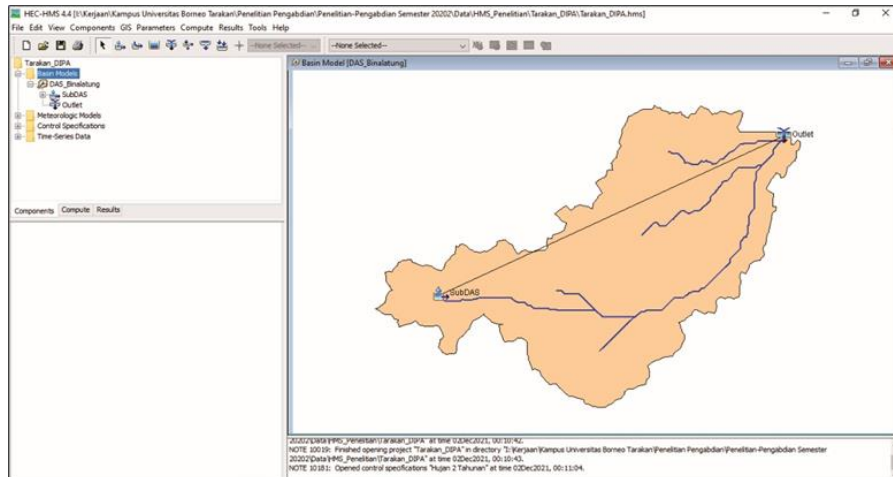
Curve Number (CN) = 80,132

Initial abstraction (I_a) = 12,596

Impervious = 10%

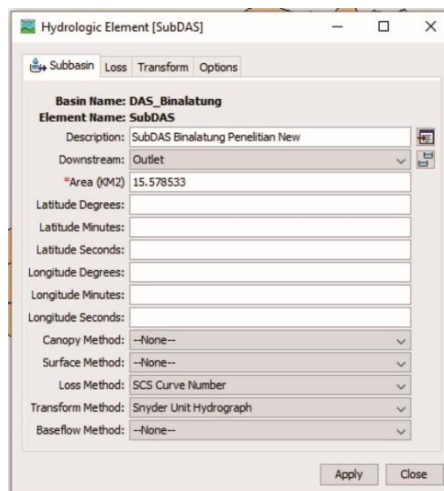
Time Lag (t_{lag}) = 6 Jam

Parameter DAS ini diperoleh melalui hasil analisis spasial menggunakan perangkat system informasi geografis (SIG). Batas DAS hasil analisis SIG dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Batas DAS hasil analisis SIG pada tampilan layar utama

Sebagai analisis kondisi awal DAS pada penelitian ini diperlukan beberapa masukan parameter diantaranya, loss method menggunakan metode SCS CN dan transform method menggunakan metode Snyder UH. Parameter yang ditinjau pada komponen basin pada pemodelan HEC-HMS penelitian ini dapat dilihat pada gambar 7.

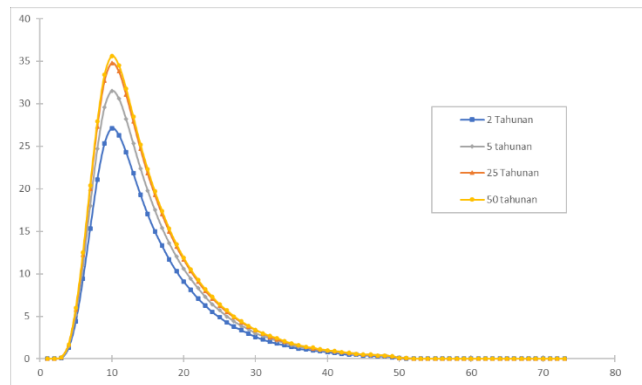


Gambar 7. Tampilan metode dari setiap analisis pada elemen hidrologi SubBasin

Hidrograf aliran

Setelah parameter DAS dan hujan dimasukkan, selanjutnya dilakukan simulasi debit puncak aliran pada DAS. Simulasi dilakukan dengan menambahkan simulasi dengan cara klik compute kemudian create compute dan simulation run. Simulasi pada penelitian kali ini

dilakukan dengan menganalisis debit puncak aliran berdasarkan data hyetograph hujan rancangan 2 tahun, 5 tahun, 25 tahun dan 50 tahun. Hasil simulasi menunjukkan debit puncak aliran untuk hujan 2 tahunan adalah 27,1 m³/s, hujan 5 tahunan 31,5 m³/s, hujan 25 tahunan 34,8 m³/s dan hujan 50 tahunan 35,6 m³/s. Hidrograf aliran DAS hasil pemodelan HEC-HMS dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Hidrograf aliran DAS hasil pemodelan HEC-HMS

IV. KESIMPULAN

Pemodelan hujan aliran menggunakan model HEC-HMS memperhitungkan parameter-parameter DAS seperti Luas DAS Binalatung A 15,58 km², panjang sungai utama DAS (L) 7,65 km, dengan *curve number* (CN) 80,132. Berdasarkan hasil pemodelan HEC-HMS diperoleh debit aliran periode ulang 2 tahun adalah 27,1 m³/s, periode ulang 5 tahun 31,5 m³/s, periode ulang 25 tahun 34,8 m³/s dan periode ulang 50 tahun 35,6 m³/s.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat pada penelitian ini mulai dari proses pengumpulan data hingga artikel ini diterbitkan. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada LP2M Universitas Borneo Tarakan yang telah membiayai penelitian ini melalui skema Penelitian Berbasis Visi Universitas Borneo Tarakan.

REFERENSI

- [1] PUPR. 2015. “Rencana Terpadu dan Program Investasi Infrastruktur Jangka Menengah Kota Tarakan Tahun 2015-2019”. Tarakan
- [2] Amiruddin, A., Saparuddin, S., Anasiru, T. (2020). “Analisa Debit Banjir Rancangan DAS Tojo Metode HSS ITB I”. Borneo Engineering. Vol. 4, No. 2. 126-137.
- [3] Munajad, R., Suprayoi, S. (2015). “Kajian Hujan-aliran Menggunakan Model Hec-hms di Sub Daerah Aliran Sungai Wuryantoro Wonogiri, Jawa Tengah”. Jurnal Bumi Indonesia, Vol. 4, No. 1.
- [4] Fleming, G. 1975. “Computer Simulation Techniques in Hydrology. Elsevier. New York.
- [5] Suripin., Kurniani, D. 2016. “Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Hidrograf Banjir Di Kanal Banjir Timur Kota Semarang”. Media Komunikasi Teknik Sipil 22(2):119.
- [6] Harsoyo, B. 2010. “Review Modeling DAS Di Indonesia”. Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca, Vol. 11.
- [7] US Army Corps Engineering, (2000). “HEC-HMS Technical References”.