

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. Model hidrologi yang digunakan pada penelitian kali ini adalah model HEC-HMS yang dikembangkan oleh US Army Corps of Engineers (USACE). Model HEC-HMS dapat digunakan untuk menirukan sistem DAS yang kompleks dengan membuat penyederhanaan, berdasarkan uraian peneliti tertarik untuk mengkaji model hujan-aliran salah satu DAS Tarakan menggunakan model HEC-HMS. Tingkat akurasi hasil simulasi model HEC-HMS tergantung pada ketersediaan data dan metode yang dipilih oleh user. Hasil penelitian diperoleh 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. Hasil pemodelan HEC-HMS menunjukkan Debit banjir maksimum untuk kala ulang 2 tahun adalah 27,1 m³/s, kala ulang 5 tahun 31,5 m³/s, kala ulang 25 tahun 34,8 m³/s dan kala 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 yang bermuara di pantai sisi timur dan sisi barat Kota Tarakan. Aliran dari sungai-sungai tersebut yang melewati daerah perkotaan, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai saluran pembuangan utama (primer) bagi aliran limpasan maupun limbah domestik penduduk [1]. Permasalahan yang terjadi adalah berapa besar debit aliran yang akan mengalir sungai-sungai ini tidak menentu dan berubah-ubah karena adanya banjir, sehingga diperlukan analisis terkait dengan debit banjir rencana untuk memperoleh desain pengaturan sungai yang optimal [2].

Model hujan-aliran dapat dijadikan sebuah alat untuk memonitor dan mengevaluasi debit sungai melalui pendekatan data hujan yang dapat diperoleh melalui pos-pos hujan dalam suatu daerah pengaliran sungai. Setiap daerah aliran sungai (DAS) memiliki karakteristik pengaliran yang sangat berbeda-beda sehingga estimasi debit banjir rancangan seharusnya didasarkan pada metode yang tepat dan sesuai dengan karakteristik DAS yang diteliti sehingga dapat menghasilkan perkiraan banjir yang sesuai dengan kondisi sebenarnya.

Kenyataannya data debit sungai yang digunakan untuk menyatakan hidrograf banjir tidak semua tersedia pada setiap DAS terutama untuk DAS yang tidak terukur. Kekurangan ketersediaan data tersebut menjadi dasar dari penggunaan model hidrologi sebagai analisis kuantitatif hujan-aliran tersebut [3]. Pengalihragaman hujan menjadi aliran dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya meteorologi, hidrologi, geologi dan tata guna lahan. Saat ini banyak berkembang model hujan-aliran. Dalam praktek analisis hidrologi, perkembangan model hidrologi sangat cepat karena didorong oleh hal-hal sebagai berikut [4]

- Ketidakpuasan terhadap pemakaian cara-cara lama, yang didasarkan pada cara-cara empirik atau model-model yang didasarkan hanya pada faktor geografis.
- Perkembangan perangkat lunak komputer.
- Perkembangan perangkat matematik untuk analisis data dan penyusunan model.
- Ketersediaan dana untuk penelitian dan pengembangan cara-cara baru.
- Kompleksnya sistem yang dianalisis.
- Timbulnya kesalahan dalam peramalan dan prakiraan.

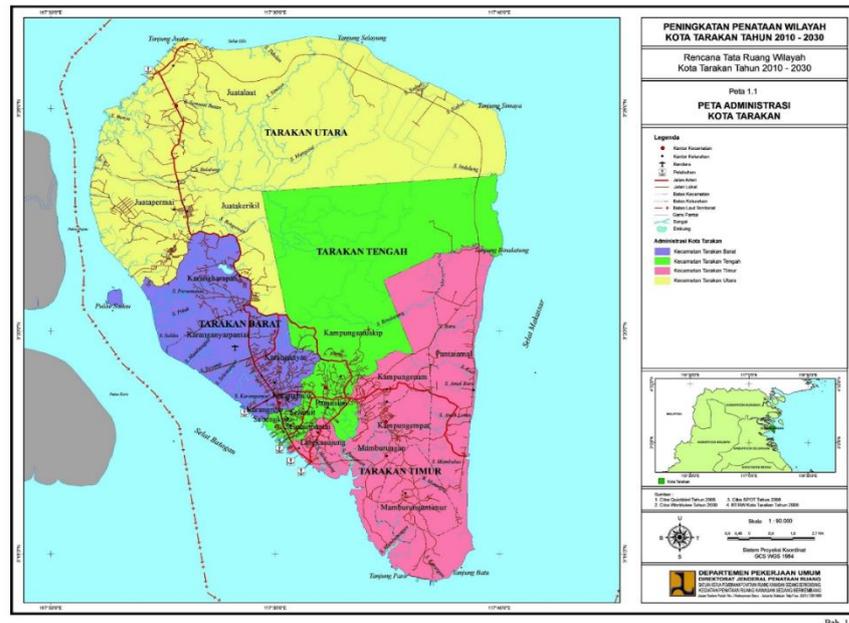
Salah satu model hidrologi yang dapat digunakan untuk melakukan analisis hujan-aliran adalah model HEC-HMS. Model HEC-HMS yang dikembangkan oleh *US Army Corps of*

Engineers (USACE) dapat digunakan untuk menirukan sistem DAS yang kompleks dengan membuat penyederhanaan. Berdasarkan uraian di atas kami mencoba mengkaji analisis hujan-aliran di salah satu DAS Kota Tarakan yakni DAS Binalatung menggunakan HEC-HMS.

II. METODOLOGI

2.1. Lokasi penelitian

Secara administrasi lokasi penelitian ini bertempat 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

2.2. Tahap penelitian

Penelitian ini dapat dibedakan atas 3 macam yaitu tahap pengumpulan data, tahap pembentukan dan simulasi model dan tahap analisis. Bagian ini menjelaskan secara rinci tentang penelitian yang dilakukan. Tahap pengumpulan data yakni tahapan mengumpulkan data yang digunakan pada penelitian diantaranya data model elevasi digital (DEM), curah hujan bulanan selama 10 tahun dari BMKG Tarakan, data tutupan 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 model HEC-HMS lainnya dengan cara memperkirakan parameter awal berdasarkan karakteristik DAS. Kemudian menambahkan parameter-parameter lainnya yang berpengaruh terhadap hasil simulasi model Hujan-Aliran HEC-HMS.

Tahap ini dilakukan dengan memberikan input presipitasi berdasarkan hasil perhitungan *hyetograph* untuk masing-masing hujan rancangan.

2.3. Model HEC-HMS

Model hujan-aliran yang banyak diaplikasikan di Indonesia dan memberikan hasil yang memuaskan adalah HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center's-Hidrologic Modelling System*)[5]. HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System*) dikembangkan oleh *US Army Corps of Engineers – Institute for Water Resources (USACE)*. Perangkat HEC-HMS merupakan program komputer untuk menghitung pengalihragaman hujan dan proses *routing* pada suatu sistem DAS. Model yang terdapat dalam HEC-HMS dapat digunakan untuk menghitung *volume runoff*, *direct runoff*, *baseflow* dan *channel flow*. Salah satu keunggulan dari model HEC-HMS adalah telah digunakannya konsep GIS (*Graphic Information System*) dalam penyelesaian modelnya.

HEC-HMS dirancang untuk mensimulasikan proses hujan-aliran (*precipitation-runoff*) terutama untuk DAS dengan pola dendritik. Model ini dirancang untuk dapat digunakan pada DAS berukuran besar. Data hidrograf yang dihasilkan dapat digunakan secara langsung atau dikaitkan dengan software lain untuk menanggulangi berbagai permasalahan hidrologi, seperti ketersediaan air, drainase kota dan peramalan aliran [6].

Pada model HEC-HMS hampir semua parameter fisik DAS telah diakomodasi dalam sub-sub model. Tingkat akurasi hasil simulasi model tergantung pada ketersediaan data dan metode yang dipilih oleh user. Pilihan metode pemodelan yang ditawarkan software HEC-HMS dapat digunakan menghitung parameter-parameter seperti *precipitation*, *volume runoff*, *direct runoff*, *baseflow* dan *channel flow*. Pilihan metode yang ditawarkan dapat dilihat pada tabel I [7].

Tabel I. Kelompok tanah dan laju kehilangan menurut model SCS

Perhitungan	Metode
<i>Precipitation</i>	<i>User Hyetograph</i>
	<i>User gauge wighting</i>
	<i>Gridded precipitation</i>
	<i>Frequency storm</i>
	<i>Standart project storm</i>
<i>Volume Runoff</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>Direct Runoff</i>	<i>Gridded SMA</i>
	<i>User-spesified unit hydrograph</i>
	<i>Clark's UH</i>
	<i>Snyder's UH</i>
	<i>SCS UH</i>
<i>Baseflow</i>	<i>Modclark</i>
	<i>Kinematic wave</i>
	<i>Constant Monthly</i>
	<i>Exponential Resession</i>
<i>Channel Flow</i>	<i>Linier Reservoir</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 ini memperkirakan *precipitation excess* sebagai suatu fungsi kumulatif dari hujan,

penutup lahan, tataguna lahan, dan *antecedent moisture*. 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 = *precipitation excess* atau kumulatif hujan pada waktu t, P = kedalaman hujan kumulatif pada saat t, I_a = *Initial abstraction*, S = kemampuan penyimpanan 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 lahan DAS. Nilai CN berkisar antara 100 untuk *water body* (badan air) dan berkisar 30 untuk kondisi permukaan tanah *permeable* dengan laju infiltrasi yang cukup tinggi. Nilai CN dari DAS diperkirakan sebagai suatu fungsi dari tataguna lahan, tipe tanah, dan *antecedent watershed moisture* menggunakan tabel yang dipublikasikan oleh SCS seperti terlihat pada tabel II [7].

Tabel II. Kelompok tanah dan laju 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 di dalam model HEC-HMS mengikuti prinsip hidrograf satuan (*unit hydrograph*). Model hidrograf satuan yang digunakan pada penelitian ini adalah model SCS *Unit Hydrograph*. Model ini merupakan model hidrograf berpuncak tunggal (*single-peaked*) dan tanpa satuan (*dimensionless*). Pada metode SCS 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 = lama kejadian hujan efektif dan t_{lag} = selisih waktu antara pusat kejadian hujan sampai puncak hidrograf dengan persamaan sebagai berikut

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

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil penelitian

Hujan Rancangan

Data hujan yang dianalisis pada penelitian kali ini bersumber dari Stasiun Meterologi Kelas III Juwata – Tarakan dengan koordinat 03°19'36" LU dan 117°34'11" BT. Data hujan

dianalisis dengan metode statistik dasar untuk menentukan metode distribusi hujan yang akan digunakan menganalisis hujan rancangan. Berdasarkan hasil pengujian statistik dasar diperoleh hasil koefisien skewnes (Cs) adalah -0,59594, koefisien kurtois (Cv) adalah 0,1570 dan koefisien variasi (Ck) adalah 2,97570, sehingga metode distribusi hujan rancangan yang digunakan adalah Log pearson type 3. Hasil analisis distribusi Log pearson type 3 dapat dilihat pada tabel III.

Tabel III. 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 dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel yang dianalisis. Hasil pengujian chi - square metode Log pearson type 3 dapat dilihat pada tabel IV.

Tabel IV. 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

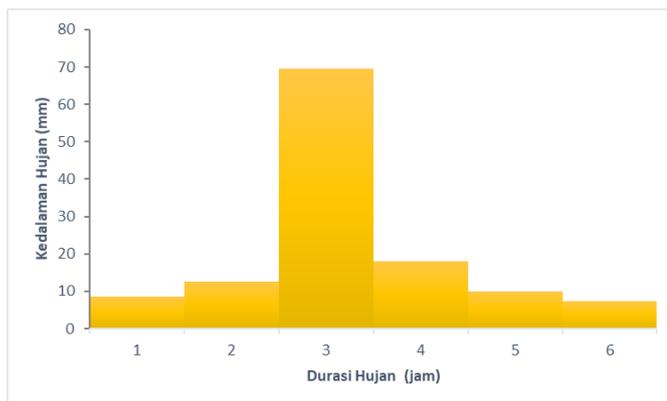
P (parameter yang terikat dalam agihan frekuensi) = 2

Untuk : $DK = 2$ dan $\alpha = 5\% \gg X^2_{cr} = 5.991$

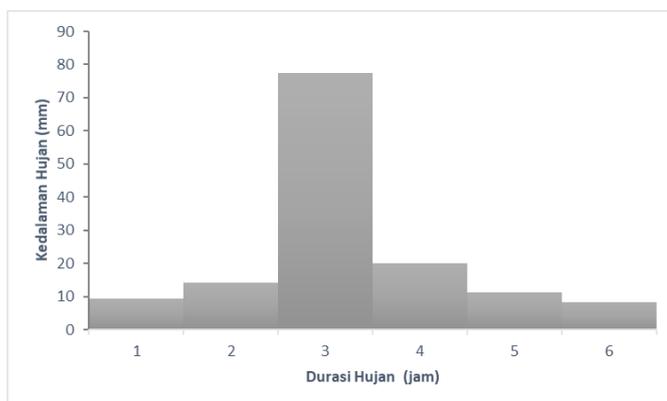
Karena $X^2_{hitung} < X^2_{cr} \rightarrow$ distribusi frekuensi dapat diterima

Hyetograph Hujan Rancangan

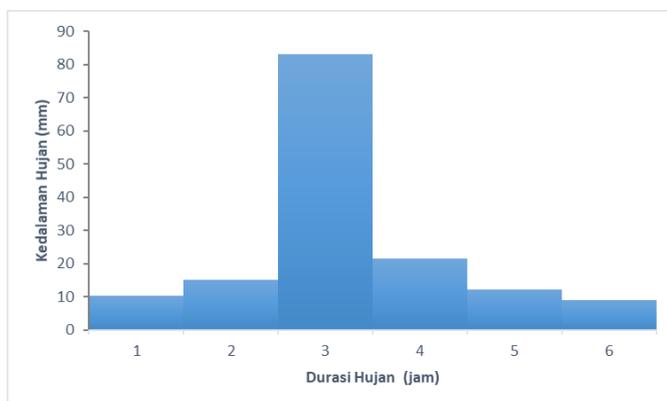
Analisis hyetograph pada penelitian kali ini menggunakan metode ABM dengan analisis intensitas hujan menggunakan metode Mononobe. Hyetograph Hujan Rancangan untuk periode ulang 2, 5, 25, 50 tahun dapat dilihat pada gambar 2 – gambar 5



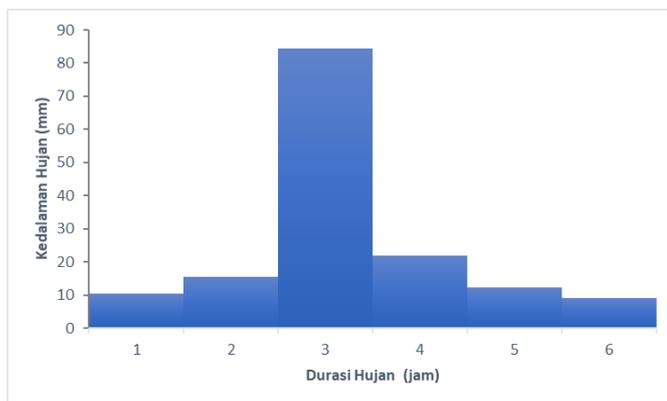
Gambar 2. Pola Distribusi Hujan 6 Jam Kala Ulang 2 Tahun Metode ABM



Gambar 3. Pola Distribusi Hujan 6 Jam Kala Ulang 5 Tahun Metode ABM



Gambar 4. Pola Distribusi Hujan 6 Jam Kala Ulang 25 Tahun Metode ABM



Gambar 5. Pola Distribusi Hujan 6 Jam Kala Ulang 50 Tahun Metode ABM

Parameter DAS

Parameter DAS disimulasi menggunakan software HEC-HMS pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

Luas DAS = 15,5785 km²

Panjang Sungai = 7,65 km

Curve Number = 80,132

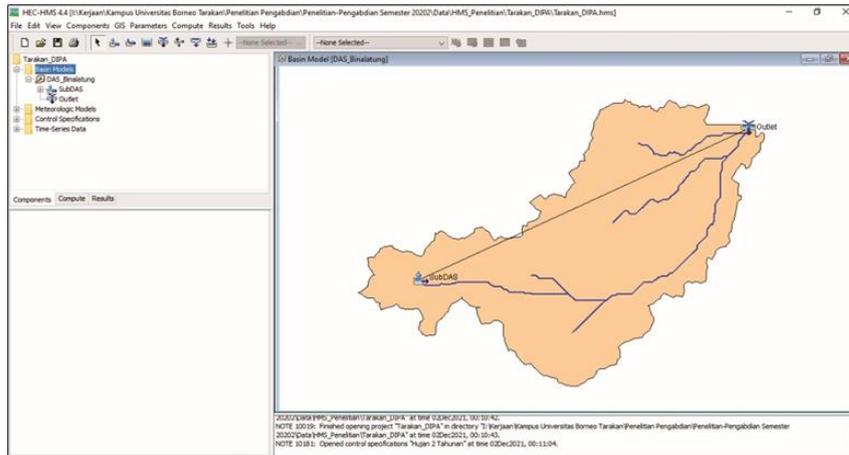
Initial abstraction = 12,596

Impervious = 10%

Time Lag = 6 Jam

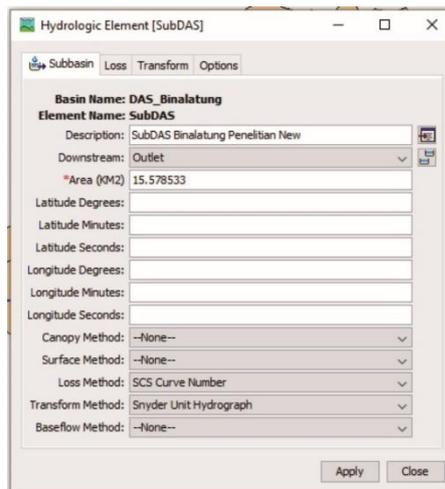
Peaking Coefficient = 0,5

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.

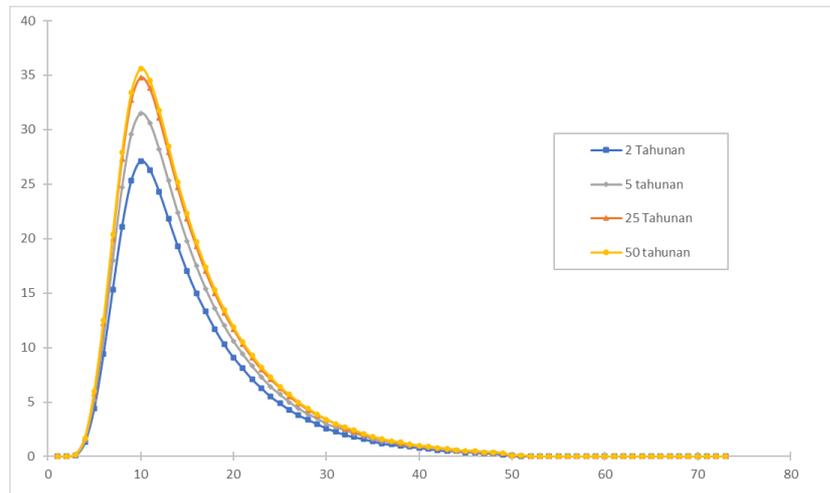


Gambar 7. Tampilan metode dari setiap analisis pada elemen hidrologi SubBasin

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 kala ulang 2 tahun adalah 27,1 m³/s, kala ulang 5 tahun 31,5 m³/s, kala ulang 25 tahun 34,8 m³/s dan kala ulang 50 tahun 35,6 m³/s.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang 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 dalam 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".