

**PEMODELAN HUJAN-DEBIT PADA SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI
MENGUNAKAN PROGRAM BANTU HEC-HMS
(STUDI KASUS PADA KANAL DURI)**

Gufrion Elmart Sitanggang¹, Imam Suprayogi² dan Trimaijon³

¹Mahasiswa S1 Jurusan Teknik Sipil – FT UR, Kampus Bina Widya Km. 12,5
Pekanbaru

²Dosen Jurusan Teknik Sipil – FT UR, Kampus Bina Widya Km. 12,5 Pekanbaru

³Dosen Jurusan Teknik Sipil – FT UR, Kampus Bina Widya Km. 12,5 Pekanbaru

ABSTRACT

Transformation process Rainfall-runoff is a scientific process which very complex. This complexity process cause of two factor, that are Watershed variability sistem and input parameter which has high variability space and time. So for cope with this kompleks process used rainfall-runoff modeling. Model that the used expected could approach Watershed characteristic.

A Rainfall-Runoff model is HEC-HMS. HEC-HMS accurate for modeling the event a moment such as flood. This modeling will be used at the Duri Canal Watershed in this study divided into 29 cathment area, with total area 448.4624 km².

The results of the HEC-HMS modeling in 2002 obtained Qp is 1627.3 m³/sec, this output will calibration with HSS Nakayasu method and obtain Qp 1669.32 m³/sec caused by rainfall 150 mm. Whereas for the 2012 HEC-HMS modeling obtained Qp is 1231.7 m³/sec and for calibration HSS Nakayasu method obtained Qp is 1193.55 m³/sec caused by rainfall 107.5 mm. The result showed nearing values. However HEC-HMS and HSS Nakayasu have different peak time (tp). HEC-HMS have tp at the eleventh o'clock whereas HSS Nakayasu method have tp at the fourth o'clock. This different caused devide of cathment area at HEC-HMS modeling.

Keywords : Model, Rainfall-Runoff, Calibration, HEC-HMS, HSS Nakayasu

Proses transformasi hujan menjadi aliran merupakan proses ilmiah yang sangat kompleks. Proses kompleksitas tersebut disebabkan oleh dua hal, yakni variabilitas sistem DAS dan karakter masukan (*input*) yang mempunyai variabilitas ruang dan waktu yang sangat tinggi. Maka untuk mengatasi proses yang sangat kompleks tersebut digunakan pemodelan hujan-debit. Model yang digunakan diharapkan mampu menirukan sifat DAS yang kompleks tersebut.

Salah satu model transformasi hujan menjadi aliran adalah model HEC-HMS. HEC-HMS akurat untuk memodelkan kejadian sesaat seperti banjir. Pemodelan ini akan diaplikasikan pada Kanal Duri. Dalam penelitian ini Sub DAS yang diteliti dibagi menjadi 29 *cathment area*, dengan luas total 448,4624 km².

Hasil dari pemodelan HEC-HMS pada tahun 2002 didapat Qp sebesar 1627,3 m³/dt, hasil ini dikalibrasi dengan metode HSS Nakayasu dan didapat Qp sebesar 1669,32 m³/dt yang diakibatkan oleh hujan sebesar 150 mm. Sedangkan untuk tahun 2012 pemodelan HEC-HMS didapat Qp sebesar 1231,7 m³/dt hasil ini dikalibrasi dengan metode HSS Nakayasu dan didapat Qp sebesar 1193,55 m³/dt yang diakibatkan oleh hujan sebesar 107,5 mm. Hasil dari keduanya menunjukkan nilai yang hampir mendekati. Namun demikian keduanya mempunyai waktu puncak (tp) yang berbeda, pemodelan HEC-HMS tp terjadi pada jam ke-11 sedangkan metode HSS Nakayasu tp terjadi pada jam ke-4. Ini disebabkan oleh pembagian *cathment area* pada pemodelan HEC-HMS

Kata kunci : Pemodelan, Hujan-Debit, Kalibrasi, HEC-HMS, HSS Nakayasu

1. Pendahuluan

Proses transformasi hujan menjadi aliran merupakan proses ilmiah yang sangat kompleks. Kompleksitas proses tersebut disebabkan oleh dua hal, yakni variabilitas sistem DAS dan karakter masukan (*input*) yang mempunyai variabilitas ruang dan waktu yang sangat tinggi. Pada sisi yang lain tanggapan (*response*) DAS dalam proses transformasi sangat tergantung dari sifat masukan dan karakteristik DAS itu sendiri. Adanya kombinasi sifat masukan dan sistem DAS yang sangat kompleks menimbulkan kesulitan dalam memperkirakan perilaku sistem DAS terhadap masukan tertentu.

Pemodelan hujan-debit merupakan satuan untuk mendekati nilai-nilai hidrologis proses yang terjadi dilapangan. Kemampuan pengukuran hujan debit aliran sangat diperlukan untuk mengetahui potensi sumber daya air di suatu wilayah DAS. Model hujan –debit dapat dijadikan sebuah alat untuk memonitor dan mengevaluasi debit sungai melalui pendekatan potensi sumber daya air permukaan yang ada.

Salah satu model transformasi hujan menjadi aliran adalah model HEC-HMS. Model ini merupakan model hidrologi numerik yang dikembangkan oleh *Hidrologic Engineering Center (HEC)* dari *US Army Corps Of Engineers*. HEC-HMS ini merupakan program komputer untuk menghitung pengalihan ragaman hujan dan proses routing pada suatu sistem DAS. Dalam software HEC-HMS ini terdapat fasilitas kalibrasi maupun simulasi model distribusi, model menerus, dan kemampuan membaca data GIS.

2. Tinjauan Pustaka

Salah satu model transformasi hujan menjadi aliran adalah model HEC-HMS. Model ini merupakan model hidrologi numerik yang dikembangkan oleh *Hydrologic Engineering Centre (HEC)* dari *US Army Corps Of Engineers*. Struktur pembangun model HEC-HMS terdiri dari enam komponen, antara lain model hujan, model volume limpasan, model limpasan langsung, model aliran dasar, model penelusuran aliran dan model water-control measure yang meliputi *diversions* dan *storage facilities*.

Selain itu terdapat tujuh elemen hidrologi yang tersedia dalam HEC-HMS, dimana masing-masing elemen mewakili bagian dari total respon suatu DAS terhadap presipitasi dengan menggunakan sebuah model matematika, yaitu:

- *Sub basin*
- *Reach*
- *Reservoir*
- *Source*
- *Junction*
- *Diversion*
- *Sink*

2.1 Loss Model

Curah hujan yang jatuh pada suatu DAS akan mengalami proses infiltrasi, intersepsi, evaporasi dan bentuk kehilangan lainnya sebelum menjadi limpasan. Model volume limpasan menghitung besar curah hujan efektif dari pengurangan total curah hujan yang turun dengan volume air yang terintersepsi, terinfiltrasi, tertampung pada permukaan, dan terevapotranspirasi. Untuk menentukan metode yang akan digunakan dalam pemodelan sebaiknya disesuaikan pada kecocokan penerapan metode pada daerah yang bersangkutan dan ketersediaan data pada daerah tersebut. Untuk penentuan *precipitation loss* dan *precipitation excess* pada penelitian ini akan digunakan metode *Soil Conservation Service (SCS) Curve Number*.

Curve number merupakan fungsi dari karakteristik DAS seperti tipe tanah, tanaman penutup, tataguna lahan, kelembapan dan cara pengerjaan tanah. Model *SCS Curve Number (CN)* memperkirakan hujan lebihan (*precipitation excess*) atau hujan efektif sebagai bagian dari hujan yang menjadi aliran langsung di sungai. *SCS Curve Number* terdiri dari beberapa parameter yang harus diinput yaitu *initial abstraction* atau nilai resapan awal, *SCS Curve Number*, dan *imperviousness* (kekedapan air).

2.2 Transform (Transformasi hidrograf satuan limpasan)

Model limpasan langsung di dalam model HEC-HMS mengikuti prinsip hidrograf satuan dengan asumsi sebagai berikut : hujan terjadi merata diseluruh DAS (evenly distributed) dan intensitas tetap pada setiap interval waktu (*constant intensity*), hujan terjadi kapanpun tidak berpengaruh pada proses transformasi hujan menjadi debit atau hidrograf.

Pada penelitian ini akan digunakan metode SCS *unit hydrograph*. Model unit hidrograf SCS merupakan model hidrograf berpuncak tunggal (*single-peaked*) dan hidrograf tanpa satuan (*dimensionless*).

Hidrograf SCS dapat digunakan dengan mudah, parameter utama yang dibutuhkan adalah waktu *lag* yaitu tenggang waktu (*time lag*) antara titik berat hujan efektif dengan titik berat hidrograf. Parameter ini didasarkan pada data dari beberapa daerah tangkapan air. Time lag (t_{lag}) dapat ditentukan dengan rumus :

$$t_{lag} = 0,6 \times T_c$$

Dengan T_c adalah waktu konsentrasi, T_c dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$T_c = 0,57 A^{0,41}$$

Dengan A adalah luas daerah aliran air

2.3 Model Aliran Dasar

Dua komponen utama penyusun hidrograf aliran di saluran (sungai) adalah limpasan langsung dan aliran dasar (*base flow*). Aliran dasar merupakan aliran yang berasal dari air tanah dan selalu tersedia setiap saat. Pada penelitian ini akan digunakan model resesi eksponensial (*exponential recession model*). Parameter yang digunakan dalam model resesi ini adalah *Initial Flow*, *Recession Ratio*, dan *Threshold Flow*. *Initial Flow* merupakan nilai aliran dasar awal yang dapat dihitung atau dari data observasi

Aliran dasar (Q_b) dapat diperoleh dengan Persamaan seperti di bawah ini :

$$Q_b = 0,4715 A^{0,6444} D^{0,943}$$

dimana A = Luas DAS, D = kerapatan jaringan kuras, L = panjang sungai

Recession Ratio Constant (k) adalah nilai rasio antara aliran yang terjadi sekarang dan kemarin secara konstan, yang memiliki nilai 0 sampai 1. Dalam penelitiannya Nathan and McMahon (1990) menentukan nilai k bervariasi dari 0,2-0,8 untuk *channel flow*; 0,7-0,94 untuk *intermediate flow*; dan 0,93-0,995 untuk *baseflow*. Sedangkan *Threshold Flow* adalah nilai ambang pemisah aliran limpasan dan aliran dasar. Untuk menghitung aliran ini dapat digunakan cara eksponensial atau diasumsikan dengan nilai besar rasio dari puncak ke puncak.

2.4 Model Penelusuran Banjir (*Routing Model*)

Penelusuran aliran (*stream routing*) adalah cara (prosedur, analisis) matematik yang digunakan untuk melacak aliran melalui sistem hidrologis. Cara penelusuran aliran yang paling banyak digunakan yang juga diakomodasi oleh HEC-HMS adalah cara Muskingum yang dikembangkan oleh Mc Charty. Cara ini mendasarkan pada persamaan sebagai fungsi masukan dan keluaran. Dalam cara muskingum tampungan dinyatakan sebagai fungsi linier dari tampungan baji dan tampungan prisma

Perhitungan rambatan gelombang aliran sungai (*routing*) dalam HEC-HMS dituangkan pada routing model (*channel flow model*). Penelitian ini menggunakan metode Muskingum. Parameter yang diperlukan adalah travel time dan faktor pembobot. Travel time (k) atau waktu tempuh aliran dari titik inlet sampai outlet, ditentukan melalui hubungan antara kecepatan aliran dengan panjang sungai. Faktor pembobot (x) dalam metode Muskingum berkisar antara 0 sampai 0,5 dengan rata-rata 0,2 untuk aliran alami. Pada penelitian, penentuan nilai x diperoleh dari hasil trial-error pada saat kalibrasi, dengan menggunakan nilai rata-rata sebagai nilai masukan awal.

2.5 Kalibrasi Model

Dalam proses kalibrasi ini, kita diharapkan dapat menentukan nilai parameter-parameter dari karakteristik DAS daerah studi kita seperti nilai CN (*Curve Number*), resapan awal (*Initial abstraction*), luasan daerah kedap air (*imperviousness*) atau nilai *baseflow* sehingga akhirnya mendapatkan hasil yang paling mendekati dengan kondisi di lapangan. Parameter yang digunakan sebagai acuan dalam proses kalibrasi ini adalah nilai dari debit banjir Hidrograf satuan sintetik Nakayasu pada DAS daerah penelitian. Nilai debit banjir HSS Nakayasu ini dikalibrasi dengan dengan nilai debit banjir yang dihasilkan oleh perhitungan HEC-HMS. Sebaran dari kedua nilai inilah yang perlu diperhatikan. Semakin kecil sebarannya, maka semakin baik kualitas pemodelan yang telah kita lakukan. Berikut tabel nilai parameter-parameter yang diizinkan dalam pemodelan HEC-HMS.

Tabel 2.1. Nilai Parameter Untuk Kalibrasi Model HEC-HMS

Model	Parameter	Min	Max
SCS Loss	Initial Abstraction	0 mm	500 mm
	Curve number	1	100
SCS UH	Lag	0,1 min	30000 min
Baseflow	Initial Baseflow	0 m ³ /s	100000 m ³ /s
	Recession Factor	0.000011	-
	Flow-to-peak ratio	0	1
Muskingum Routing	K	0.1 hr	150 hr
	x	0	0.5
	Number of Steps	1	100

Sumber : Panduan HEC-HMS (Suhartanto, 2008)

2.6 Komponen Meteorologi

2.6.1 Analisis Presipitasi

Metode analisis presipitasi yang digunakan sebagai salah satu masukan HEC-HMS adalah metode *user gage weights*, yaitu menentukan bobot curah hujan untuk setiap satu titik pengamatan sebagai dasar perhitungan curah hujan wilayah. Curah hujan harian yang diperoleh diubah menjadi data curah hujan jam-jaman dengan menggunakan metode rasio Mononobe.

2.6.2 Analisis Evapotranspirasi

Dalam analisis evapotranspirasi digunakan evapotranspirasi rerata bulanan pada Sub DAS tersebut dengan metode Penman-Monteith. Perhitungan evapotranspirasi memerlukan parameter-parameter yang tergantung pada keadaan daerah yang ditinjau. Parameter yang dibutuhkan antara lain adalah suhu maksimum dan minimum, kelembapan, kecepatan angin, waktu penyinaran matahari dan radiasi panas matahari. Untuk evapotranspirasi akan dianalisis dengan menggunakan program bantu CROPWAT 8.

3. Metode Penelitian

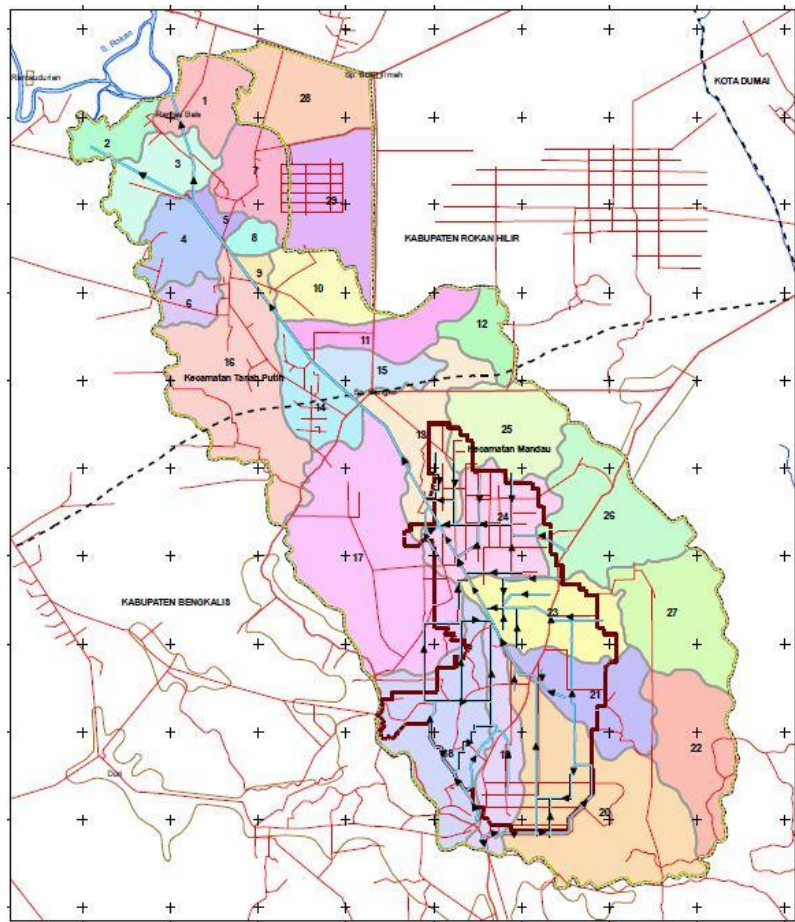
Proses pelaksanaan studi ini pada prinsipnya terbagi dalam tiga bagian yaitu pengumpulan data, pengolahan data/perhitungan dan keluaran berupa hasil analisa. Data yang diperlukan dalam Tugas Akhir ini adalah data sekunder. Adapun data yang dibutuhkan adalah berupa data tinggi hujan harian yang secara administrasi terletak di Kabupaten Bengkalis dan Kabupaten Rokan Hilir.

Adapun prosedur yang terdapat dalam penelitian ini adalah studi literatur, survei dan pengumpulan data.

3.1 Analisis Penelitian

3.1.1 Lokasi Penelitian

Adapun lokasi yang menjadi penelitian ini yaitu di Kecamatan Sungai Mandau Kabupaten Bengkalis dan Kecamatan Tanah Putih Kabupaten Rokan Hilir.



Gambar 3.1. Peta catchment area Sub DAS

3.1.2 Tahapan Analisis

Berikut tahapan analisisnya:

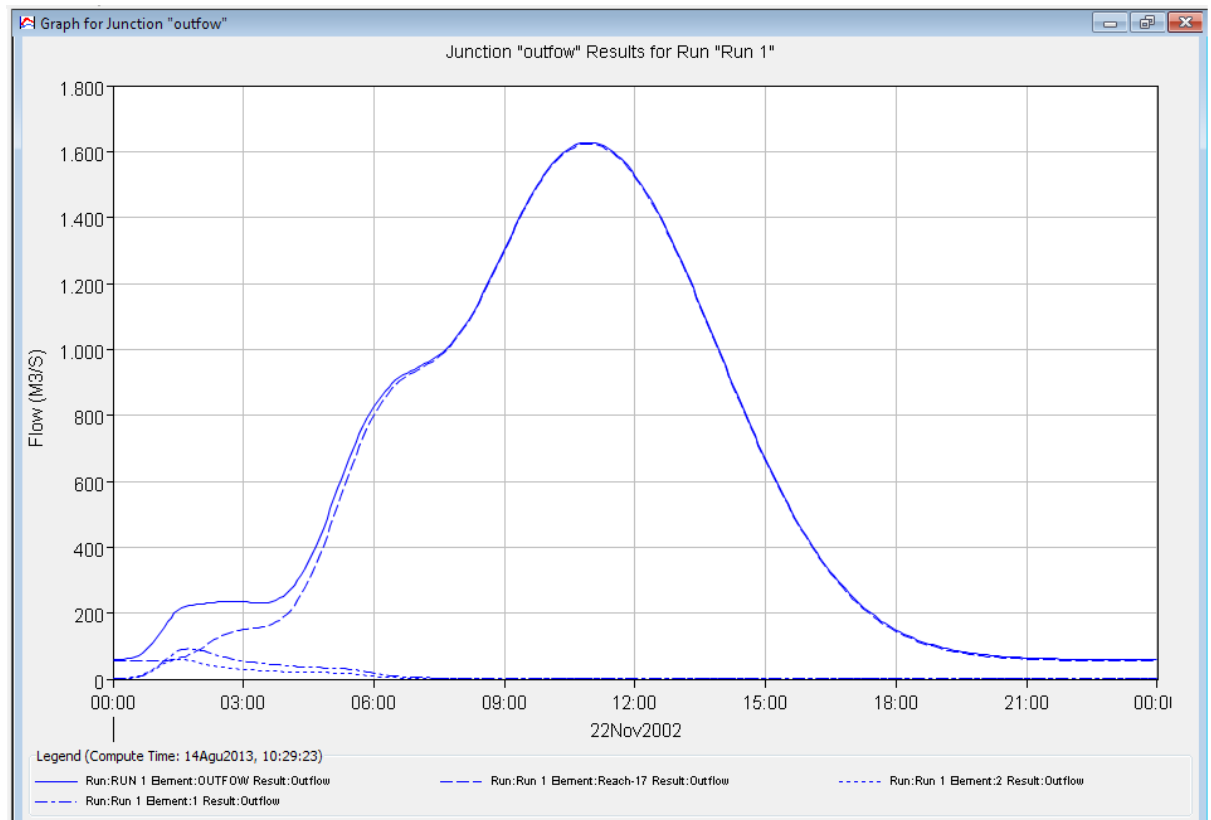
1. Mempersiapkan data hujan harian (P) dalam mm.
2. Penggambaran bentuk-bentuk element-element Sub DAS.
3. Penentuan Parameter-parameter yang dibutuhkan.
 - *Curve Number (CN)*
 - Waktu puncak hidrograf (*Lag Time*)

- Aliran dasar (*base flow*)
 - Penelusuran banjir (*Muskingum Routing*)
 - Resapan awal (*Initial Abstraction*)
 - Luas daerah kedap air (*imperviousness*)
4. Input data berupa data tinggi hujan harian dalam mm dan data evapotranspirasi.
 5. Penentuan rentang waktu (*time series*) data
 6. Membandingkan hasil pemodelan HEC-HMS dengan metode HSS Nakayasu, untuk mengetahui keandalan model HEC-HMS.

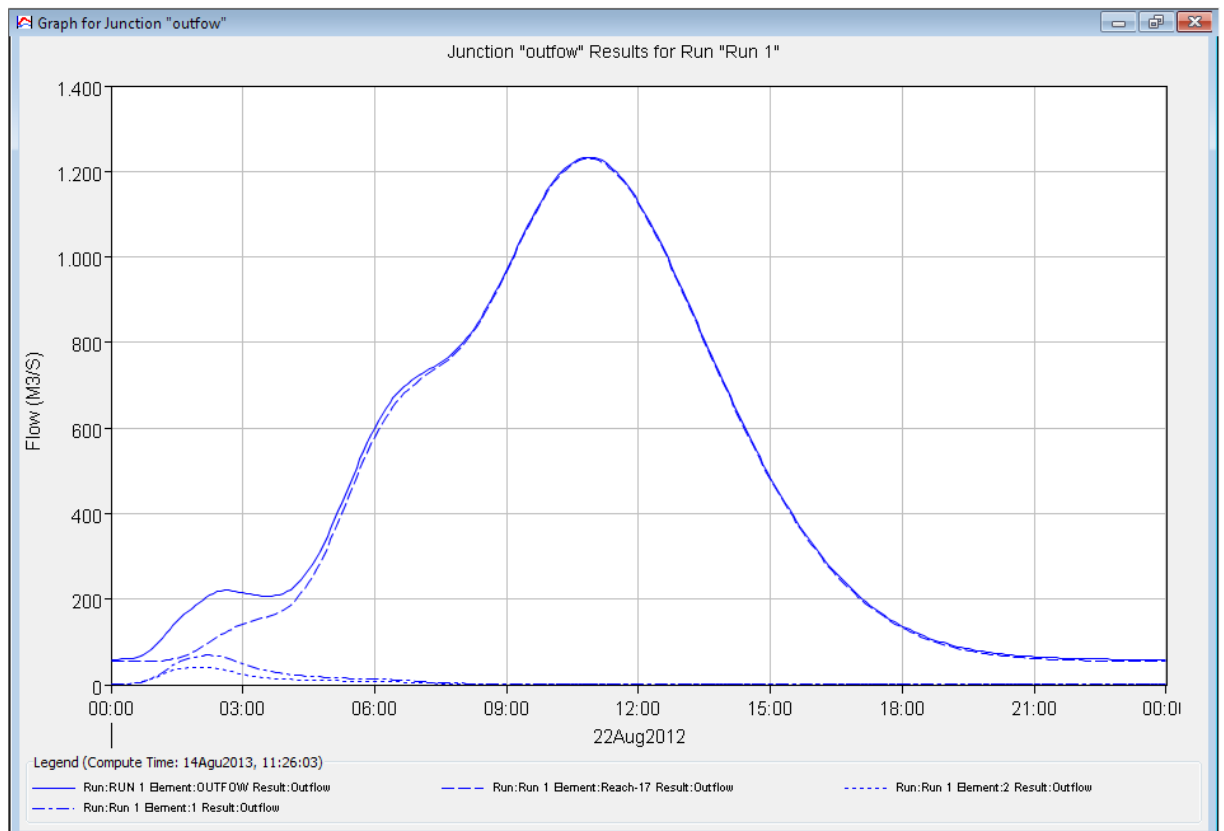
4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Output/Hasil HEC-HMS

Hasil pada program HEC-HMS berupa data debit outflow, volume limpasan, aliran dasar yang digambarkan dalam bentuk hidrograf. Hidrograf outflow pada bagian hilir DAS dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan 4.2 dibawah ini.



Gambar 4.1. Debit banjir pada bagian hilir DAS pada tahun 2002.

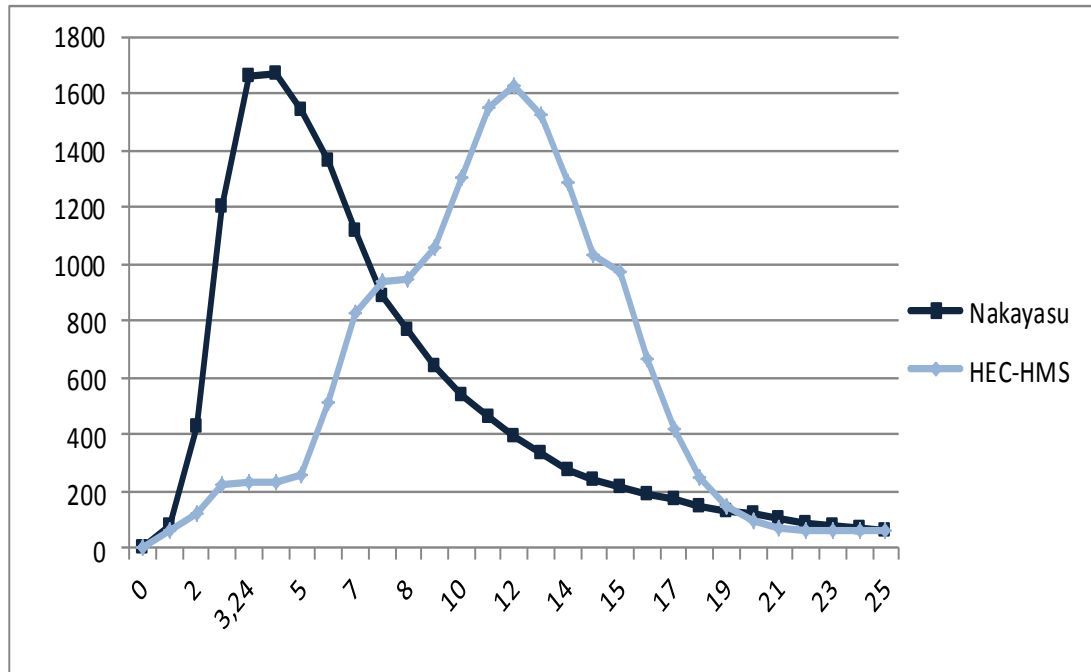


Gambar 4.2. Debit banjir pada bagian hilir DAS pada tahun 2012.

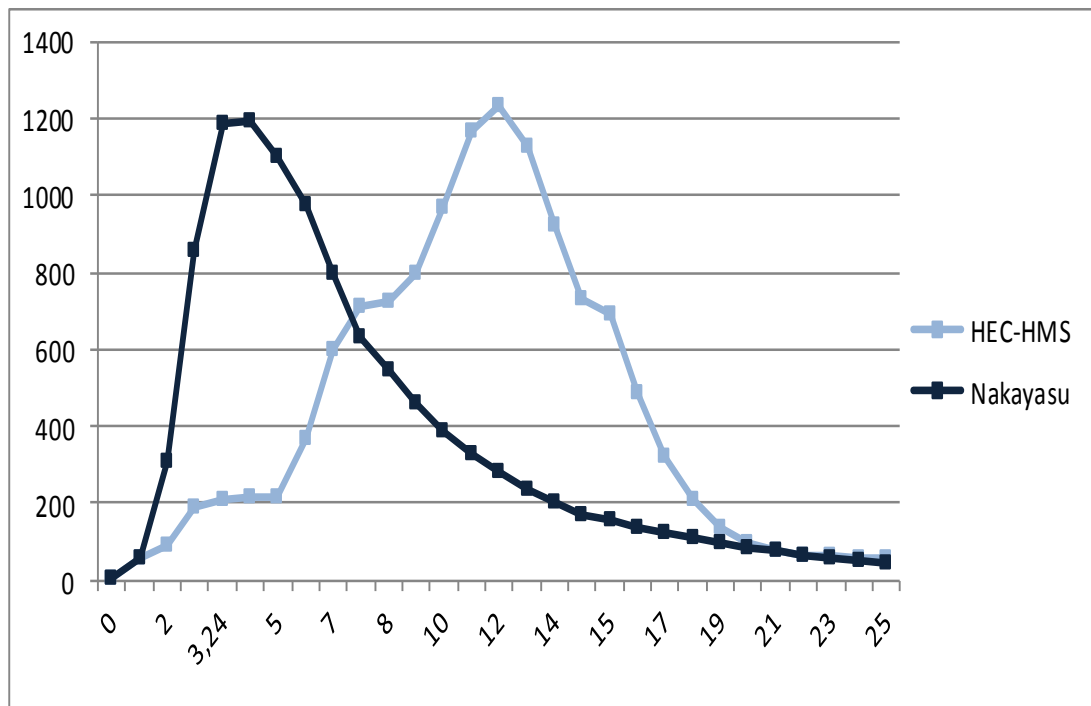
4.2 Kalibrasi Model

Parameter yang digunakan sebagai acuan dalam proses kalibrasi ini adalah nilai dari debit banjir pada *outlet* dari DAS daerah penelitian. Nilai debit banjir yang biasanya didapatkan dari pencatatan AWLR (*Automatic Water Level recorder*) atau alat pencatat debit otomatis ini akan disesuaikan dengan nilai debit banjir yang dihasilkan oleh perhitungan HEC-HMS. Dikarenakan pada *outlet* daerah penelitian tidak terdapat AWLR, maka digunakan AWLR Ujung Tanjung sebagai acuan untuk kalibrasi. Namun terdapat keterbatasan pada AWLR ini yaitu tidak adanya persamaan liku kalibrasi untuk mengkonversi data elevasi (m) permukaan air menjadi data debit (m^3/dt). Maka dari itu untuk mengatasi permasalahan kalibrasi akan digunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu sebagai acuan. Dari pengkalibrasian tersebut dapat diketahui seberapa besar perbedaannya.

Berikut hasil perbandingan Hidrograf HEC-HMS dan Hidrograf HSS Nakayasu.



Gambar 4.3. Grafik perbandingan HSS Nakayasu dengan hidrograf model HEC-HMS tahun 2002

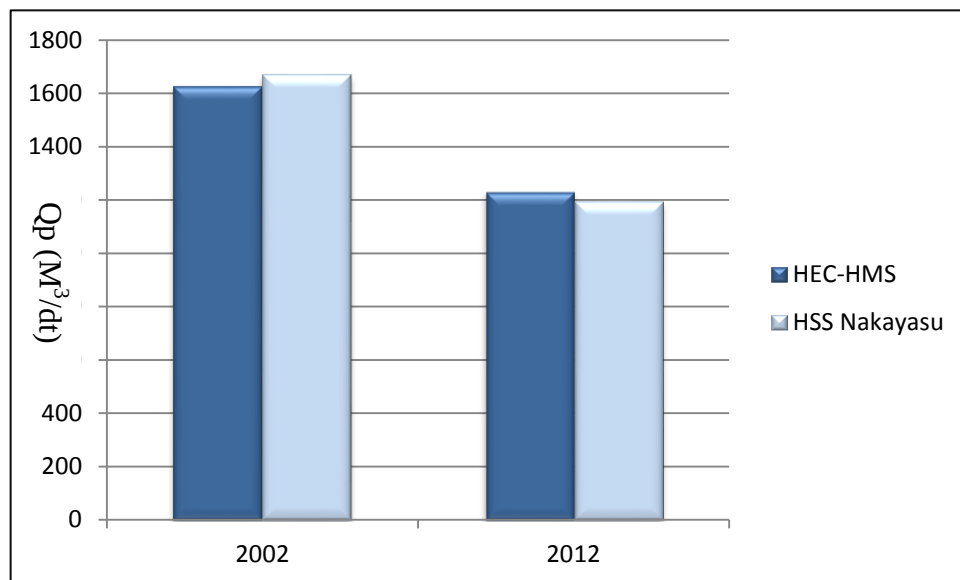


Gambar 4.4. Grafik perbandingan HSS Nakayasu dengan hidrograf model HEC-HMS tahun 2012

Dari grafik hubungan debit terhadap waktu diatas didapat Q_p antara model HEC-HMS dan HSS Nakayasu. Berikut Tabel 4.1 dan Gambar 4.5 menunjukan nilai dan perbandingan Q_p antara model HEC-HMS dan HSS Nakayasu.

Tabel 4.1. Hasil Q_p dari model HEC-HMS dan HSS Nakayasu

Model	Q_p	
	2002	2012
HEC-HMS	1627,3	1231,7
HSS Nakayasu	1669,32	1193,55



Gambar 4.5. Diagram batang perbandingan Q_p model HEC-HMS dengan HSS Nakayasu tahun 2002 dan 2012

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang berjudul ” *Pemodelan Hujan-Debit Pada Sub Daerah Aliran Sungai Menggunakan Program Bantu HEC-HMS* ”, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil dari pemodelan HEC-HMS didapat nilai debit puncak (Q_p) tahun 2002 adalah sebesar $1627,3 \text{ m}^3/dt$ dan untuk tahun 2012 adalah sebesar $1231,7 \text{ m}^3/dt$. Sedangkan berdasarkan hasil dari metode HSS Nakayasu didapat nilai debit puncak (Q_p) tahun 2002 adalah sebesar $1669,32 \text{ m}^3/dt$ dan untuk tahun 2012 adalah sebesar $1193,55 \text{ m}^3/dt$.

2. Berdasarkan hasil dari model HEC-HMS dan metode HSS terjadi pergeseran waktu pencapaian debit puncak (t_p). Pada model HEC-HMS t_p terjadi pada jam ke-11, sedangkan untuk metode Nakayasu pada jam ke-4. Hal ini disebabkan adanya pembagian cathment area pada pemodelan HEC-HMS.
3. Berdasarkan hasil dari model HEC-HMS dan metode HSS Nakayasu pada tahun 2002 Nilai Q_p dari model HEC-HMS lebih kecil dari nilai HSS Nakayasu, sebaliknya pada tahun 2012 nilai model HEC-HMS lebih besar dari metode HSS Nakayasu. Ini disebabkan karena nilai CN pada tahun 2002 lebih kecil dari 2012. Nilai CN bergantung terhadap tataguna lahan, semakin tinggi nilai CN maka daya infiltrasi tanah akan semakin rendah.

6. Daftar Pustaka

- Affandi, N, A (2005) Pemodelan Hujan-Debit Menggunakan Model HEC-HMS di DAS Sampean Baru, Tesis Master Jurusan Teknik Sipil, Bidang Keahlian Manajemen dan Rekayasa Sumber Daya Air, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya
- Arya, D, K (2012) Analisis Potensi Mikrohidro Berdasarkan Curah Hujan, Tugas Akhir Program Studi Meeorologi Institut Teknologi Bandung (ITB), Bandung
- Asdak C., 1995, Hidrologi dan Pengolahan Daerah Aliran Sungai, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Chow V.T., Maidment D.R., Mays L.W.,1988, *Applied Hydrology*, Mc.Graw-Hill book Company, Singapore.
- FAO. 2009. CROPWAT 8. Joss Swennenhuis
- Hartanto, Nur. 2009. Kajian Respon Hidrologi Akibat Perubahan Penggunaan Lahan Pada DAS Separi Menggunakan model HEC-HMS
- Indarto. 2010. *Hidrologi: Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*. Jakarta: Bumi Aksara
- Natakusuma, D, K, Hatmoko, W, Harlan,D, (2011) Prosedur Umum Perhitungan Hidrograf Satuan Sintesis Dengan Cara ITB dan Beberapa Contoh

Penerapannya, jurnal Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung, Volume. 18
No.3 Desember 2011

Nathan RJ, McMahon TA, 1990. *Evaluation of automated techniques for baseflow and recession analysis*. *Water Resources Research*. 26(7):1465-1473.

Rahayu, S. dkk, 2009. *Monitoring Air Di Daerah Aliran Sungai*. World Agroforestry Center ICRAF Asia Tenggara. Bogor.

Suhartanto, Ery. 1998. *Panduan HEC-HMS dan Aplikasinya di Bidang Teknik Sumber Daya Air*. Malang. CV Citra

Triatmodjo, Bambang, 2010. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta

Tunas, G (2005) Kalibrasi Parameter Model HEC-HMS Untuk Menghitung Aliran Banjir DAS Bengkulu, Majalah Ilmiah Mektek Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

USACE. 2000. "HEC-HMS Technical Reference Manual". USACE-HEC., Davis C.A

USACE. 2001. "HEC-HMS User's Manual". USACE-HEC., Davis C.A