

Volume 12, Nomor 1, Juni 2014

ISSN : 1693-6191

# JURNAL TEKNIK

Diterbitkan oleh :  
Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Gorontalo

# JURNAL TEKNIK

ISSN : 1693-6191

Volume 12, Nomor 1, Juni 2014

---

Terbit dua kali setahun pada bulan Juni dan Desember. Berisi tulisan yang diangkat dari hasil penelitian di bidang Teknik Sipil, Teknik Elektro, Teknik Informatika, Teknik Kriya, Teknik Arsitektur, dan Teknik Industri serta bidang teknik terkait lainnya.

**Ketua Penyunting**

Sardi Salim

**Wakil Ketua Penyunting**

M. Yusuf Tuloli

**Penyunting Pelaksana**

Marike Mahmud

Anton Kaharu

Ayuddin

Manda Rohandi

**Pelaksana Tata Usaha**

Rahmat Doda

Welly Abdullah

Allan Tri Putra Amilie

**Alamat Penyunting dan Tata Usaha :** Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo. Jl. Jenderal Sudirman No. 6 Gorontalo – 96128 Telp. (0435) 821183. *Laman* : <http://fatek.ung.ac.id>. *E-mail* : [fatek@ung.ac.id](mailto:fatek@ung.ac.id).

---

**JURNAL TEKNIK** diterbitkan sejak Juni 2003 oleh Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo.

---

Penyunting menerima sumbangan tulisan yang belum pernah diterbitkan dalam media lain. Naskah diketik di atas kertas HVS A4 spasi 1.5 sepanjang 10-12 halaman, dengan format seperti yang tercantum pada halaman belakang (“Petunjuk Bagi Penulis”). Naskah yang masuk dievaluasi dan disunting untuk keseragaman format, istilah, dan tata cara lainnya.



## MODEL ANALISIS POTENSI ENERGI TERBARUKAN BERDASARKAN ALIRAN SUNGAI DALAM LINGKUNGAN DAS

Sardi Salim<sup>1</sup>  
Rawiyah Husnan<sup>2</sup>

### INTISARI

Potensi energi terbarukan umumnya digunakan sebagai sumber energi untuk pembangkit tenaga listrik. Luasnya wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) dan sulitnya medan untuk melakukan pengukuran di lapangan merupakan kendala dalam menentukan potensi atau besarnya energi terbarukan tersebut. Pengukuran debit sungai secara langsung di lapangan hanya dapat merepresentasi hasil pada saat melakukan pengukuran. Perubahan yang terjadi sebagai akibat berubahnya sistem DAS dan curah hujan yang sering berubah sepanjang waktu, tidak dapat teramati.

Tujuan penelitian adalah: Membuat model untuk menentukan besaran potensi energi terbarukan aliran sungai dalam lingkup subDAS

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pemodelan hidrologi alih ragam hujan-limpasan berdasarkan hujan yang jatuh dalam area DAS (*catchman area*) dan parameter-parameter yang menjadi karakteristik dari sistem DAS.

Hasil penelitian menunjukkan penerapan model penelitian untuk mengestimasi nilai debit aliran sungai di lokasi penelitian (subDAS Bula) diperoleh potensi energi terbarukan aliran sungai (debit air) adalah 5,04 m<sup>3</sup>/det. Dengan ketinggian jatuh air sebesar 3,25 meter, dapat diperoleh energi pembangkitan listrik tenaga air sebesar 12,04 Kilo Watt

**Kata kunci** : sumberdaya, air, sungai, energi, terbarukan

### ABSTRACT

*The potential of renewable energy is generally used as an energy source for power generation. Watershed wide area (DAS) and the difficulty of the terrain to take measurements in the field is a constraint in determining the potential or the amount of renewable energy. Streamflow measurements directly in the field can only represent the results at the time of measurement. Changes that occur as a result of changes in the watershed and rainfall system that often change over time, can not be observed.*

*The purpose of this research is: Create a model to determine the amount of renewable energy potential watershed in scope subDAS*

*The method used in this study is rather wide hydrological modeling rainfall-runoff by rain which falls within the watershed area (catchman area) and the parameters that are characteristic of the watershed system.*

*The results show the application of our model to estimate the value of the river flow in the study area (subDAS Bula) obtained renewable energy potential of the river flow (discharge) is 5.04 m<sup>3</sup> / sec. With a height of 3.25 meters falling water, can be obtained hydroelectric energy generation by 12.04 Kilo Watt*

**Keywords** : resource, water, river, energy, renewable

### PENGANTAR

Energi sumberdaya air dari suatu aliran sungai merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan untuk menunjang kebutuhan kehidupan manusia. Sebagai

sumber energi terbarukan, potensi sumberdaya air umumnya digunakan sebagai sumber energi untuk pembangkit tenaga listrik. Luasnya wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) dan sulitnya medan untuk melakukan pengukuran di lapangan

merupakan kendala dalam menentukan potensi atau besarnya energi yang dapat diperoleh dari sumber energi terbarukan tersebut. Pengukuran debit sungai secara langsung di lapangan hanya dapat merepresentasi hasil pada saat melakukan pengukuran. Perubahan yang terjadi sebagai akibat berubahnya sistem DAS dan curah hujan yang sering berubah sepanjang waktu, tidak dapat teramati.

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah:

Membuat model untuk menentukan besaran potensi energi terbarukan suatu aliran sungai dalam lingkup subDAS secara Spasio temporal

## TINJAUAN PUSTAKA

### Energi dan Sumber Daya Alam Terbarukan

Energi ialah kemampuan melakukan kerja / usaha selama (periode) waktu tertentu. Secara umum energi dapat dirumuskan sebagai berikut (Utomo, 2007):

Fisika  $E = F \times X$  ; E adalah Energi (Joule)

F adalah gaya (Newton),

X adalah jarak (meter)

Elektrik  $E = P \times t$  ; P = daya (Watt), t adalah waktu (Jam)

Energi dibedakan menjadi 2 macam yaitu energi potensial dan energi

kinetik. Energi potensial merupakan energi yang tersimpan dalam suatu massa tertentu terdiri atas energi mekanikal, energi medan listrik, energi medan magnet, energi termal, energi gas dan lain-lain. Energi Kinetik merupakan energi yang terjadi karena gerak mekanik dari suatu massa dengan kecepatan tertentu (Utomo, 2007).

Berdasarkan klasifikasi yang didasarkan pada rasio (perbandingan) antara waktu yang diperlukan untuk siklus keberadaan suatu sumber daya energi  $T_E$ , dengan usia generasi kehidupan (manusia)  $T_G$ , maka energi dapat dibedakan menjadi 3 yakni (Utomo, 2007):

1. Energi tak terbarukan (*non rewable energi*) bila:

$T_E/T_G \cong \infty$ ;  $T_E$  adalah sumberdaya energi

$T_G$  adalah kehidupan sepanjang masa

Contoh : energi fosil (minyak dan gas bumi, batubara).

2. Energi terbarukan (*renewable energi*), bila:  $T_E/T_G < 1$

Contoh : energi air, energi biomassa, panas bumi dsb.

3. Energi baru dan terbarukan (*new energi*), bila:

$T_E/T_G \cong 0$

Contoh : energi angin, energi surya

Jenis-jenis sumber energi baru dan terbarukan (energi air terjun, energi air kelautan) adalah:

- Energi ombak dan arus laut – mekanik.
- Energi gelombang laut – mekanik.
- Energi pasang surut – mekanik.
- Energi panas laut – termal,

Jenis energi terbarukan lainnya adalah seperti: energi panas bumi, energi surya, energi angin, energi biomassa, dan energi hydrogen

### **Proses Hujan Menjadi Aliran**

Hujan merupakan komponen masukan yang paling penting dalam suatu sistem hidrologi. Secara konseptual ditunjukkan bahwa hujan akan jatuh pada permukaan vegetasi, permukaan tanah dan badan air (sungai dan danau) dalam suatu wilayah DAS. Sebagian hujan yang jatuh pada vegetasi melalui dedaunan, batang ranting dan batang pohon menuju ke permukaan tanah, di mana air ini bergabung dengan air hujan yang jatuh secara langsung pada permukaan tanah. Di permukaan tanah, air bisa tertahan tergantung pada tipe tanah, penutup tanah, kelembaban sebelumnya dan karakteristik DAS lainnya, serta sebagian terinfiltrasi ke dalam tanah (Barry, 1971

dalam Sri-Harto, 2000).

Sebagian air yang jatuh pada vegetasi melalui dedaunan atau batang, ranting menuju permukaan tanah dan akan bergabung dengan air hujan yang jatuh ke permukaan tanah. Air akan masuk ke dalam lapisan tanah atas (infiltrasi) dan masuk ke lapisan bagian bawah (perkolasi), atau menjadi aliran langsung di atas tanah (*runoff*). Air yang terinfiltrasi akan mengalir sebagai *interflow* atau sebagai *overlandflow* karena adanya gaya kapilaritas dan bergerak ke sungai atau badan air lainnya. Air yang terperkolasi akan mengalir ke akuifer air bawah tanah dan sebagian secara lambat mengalir sebagai *baseflow* ke sungai. Sungai merupakan titik gabungan limpasan hujan yang jatuh secara langsung pada badan air, aliran antara, dan aliran dasar. Hasil aliran sungai adalah total aliran keluaran suatu DAS (Seyhan, 1997).

### **Model Hidrologi Hujan Limpasan dengan HEC-HMS**

Model hidrologi (HEC-HMS) didesain untuk simulasi proses hujan limpasan pada sebuah DAS. HEC-HMS didesain untuk mudah digunakan di semua kondisi geografi DAS. Komponen HEC-HMS dalam suatu DAS ditunjukkan oleh *subbasin*, *reach*, *junction*, *source*, *diversion*, *reservoir* dan *sink*. Sub basin

menandakan aspek fisik sub DAS seperti total hujan yang turun, *losses*, total aliran sungai dan *baseflow* pada *outlet* subDAS. *Reach* menandakan perhitungan *outflow* aliran pada hilir sungai. *Sourch* menandakan adanya sumber masukan *inflow* buatan. *Diversion* menandakan adanya pemisahan aliran dari aliran utama. *Sink* menandakan adanya keluaran berupa danau buatan yang tidak memiliki aliran keluaran.

Uji validasi dilakukan untuk mengetahui tingkat kesesuaian hidrograf debit aliran berdasarkan hasil simulasi atau model dan hidrograf debit aliran berdasarkan hasil pengukuran lapangan atau observasi. Pada tahap ini dapat ditentukan nilai keterpengaruhannya (*sensitifity analisys*) parameter subDAS dalam pembentukan hidrograf model. Tujuan kalibrasi adalah untuk mendapatkan besaran parameter dan kondisi awal dari model, sehingga keluaran (hidrograf debit) model sesuai/mirip dengan hidrograf terukur. Proses kalibrasi memerlukan data hidrograf terukur jam-jaman dan data hujan jam-jaman pada rentang waktu yang sama.

### **Energi Air untuk Sumberdaya Listrik**

Secara umum debit andalan dinyatakan sebagai data aliran sungai yang dapat terpenuhi sepanjang waktu untuk keperluan pengembangan sumberdaya air. Analisis debit andalan bertujuan untuk mendapatkan potensi sumber air yang berkaitan dengan rencana pembangunan PLTMH. Salah satu metode untuk menentukan debit andalan sungai adalah menggunakan metode *flow duration curve* (FDC).

Menurut pengamatan, besarnya debit andalan yang diambil untuk penyelesaian optimum penggunaan air di beberapa macam proyek sumberdaya air adalah (Soemarto, 1987):

- Penyediaan air minum = 99 %
- Penyediaan air industri = 95 – 98 %
- Penyediaan air irigasi:
  - Daerah beriklim setengah lembab = 70 – 85 %
  - Daerah beriklim kering = 80–95%
- Pusat listrik tenaga air = 85 – 90 %

Menurut Arismunandar dan Kuwahara (1987) pembangkitan tenaga air adalah suatu bentuk perubahan tenaga dari tenaga air dengan ketinggian dan debit tertentu menjadi tenaga listrik, dengan menggunakan turbin air dan generator. Daya (*power*) yang dihasilkan dapat dihitung berdasarkan Persamaan 2.4.

$$P = 9,8 \cdot H \cdot Q \cdot \eta T \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan:

- P = tenaga listrik yang dikeluarkan secara teoritis (kilo watt)  
 H = tinggi jatuh air efektif (m)  
 Q = debit air (m<sup>3</sup>/s)  
 $\eta_T$  = efisiensi turbin

Jika tinggi jatuh efektif maksimum adalah H (m), maka debit maksimum turbin adalah Q (m<sup>3</sup>/s), efisiensi dari turbin dan generator masing-masing adalah  $\eta_T$  dan  $\eta_G$ , maka Daya turbin =  $9,8 \eta_T Q H$  (KW). Disini baru memperhitungkan potensi daya terpasang, belum memperhitungkan efisiensi. Untuk selanjutnya dipakai efisiensi *over all* sebesar 0,75 (untuk turbin, generator, distribusi). Menurut Abdul Kadir dalam Bahalwan, 1990, berdasarkan ketentuan PLN bahwa untuk Pembangkit Listrik dengan kapasitas terpasang masing-masing dibedakan:

- 1) Untuk kapasitas terpasang lebih kecil sama dengan 100 KW disebut Pusat Listrik Tenaga Mikro Hidro.
- 2) Untuk kapasitas terpasang antara 500 KW sampai dengan 5000 KW disebut Pusat Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM).
- 3) Untuk kapasitas terpasang lebih besar dari 5000 KW disebut Pusat Listrik Tenaga Air (PLTA).

### BAB III. METODE PENELITIAN

#### Pendekatan Penelitian

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pemodelan hidrologi alih ragam hujan-limpasan berdasarkan hujan yang jatuh dalam area DAS (*catchman area*) dan parameter-parameter yang menjadi karakteristik dari sistem DAS. Melalui proses pemodelan hujan limpasan diperoleh model analisis untuk menentukan besaran potensi energi terbarukan aliran air sungai pada suatu sistem DAS

#### Analisis Data Hidrologi

Data hidrologi yang diperlukan terbagi menjadi dua jenis sumber data, yaitu pertama adalah jenis data meteorologi dari setasiun hujan dan setasiun klimatologi. Data yang kedua adalah jenis data hidrologi yang diperoleh dari setasiun AWLR dan pengukuran lapangan. Pengumpulan data sekunder dari setasiun hujan dan setasiun debit aliran AWLR yang terdapat di wilayah DAS Bone.

Data debit sungai hasil pengukuran lapangan berdasarkan nilai TMA diperoleh dengan metode persamaan kurva lengkung aliran (*Discharge Rating Curve*). Metode DRC merupakan metode hubungan tinggi muka air dengan debit yang digambarkan melalui grafik/kurva



lengkung. Pengukuran debit lapangan dilakukan beberapa kali berdasarkan nilai ketinggian air yang diamati pada papan duga ketinggian muka air yang dipasang dipinggiran sungai.

Debit sungai diperoleh melalui persamaan  $Q = v \cdot A$  ( $m^3/det$ ).

Dimana  $Q$  = Debit sungai

$v$  = Kecepatan aliran

$A$  = Luas penampang basah

Kecepatan aliran ( $v$ ) diukur dengan menggunakan metode pelampung. Dalam penelitian ini menggunakan metode pelampung. Alasan penggunaan metode pelampung adalah karena metode pelampung dapat digunakan pada sungai dengan kondisi saluran lurus serta perubahan lebar, kedalaman dan gradient sungai relatif kecil. Kecepatan rata-rata aliran pada penampang sungai dengan metode pelampung harus dikali dengan koefisien pelampung sebesar 0,86 (Sostrodarsono, 1978).

Pengukuran debit lapangan dilakukan beberapa kali untuk memperoleh data debit pada ketinggian air minimum dan ketinggian air maksimum (saat air surut dan banjir). Setiap melakukan pengukuran disesuaikan dengan nilai ketinggian air yang terbaca pada papan duga air. Dalam penelitian ini dilakukan pengukuran

sebanyak 13 kali selang bulan Mei sampai dengan bulan Juli 2014. Dari pengukuran yang dilakukan hanya 9 data yang dianalisis untuk memperoleh data *series* debit lapangan, karena sebagian data memiliki nilai yang sama. Data debit yang dikumpulkan dipasangkan dengan data TMA berdasarkan waktu dan tanggal kejadian dan dianalisis menggunakan metode kurva lengkung aliran (*discharge rating curve*) untuk memperoleh data *series* debit aliran hasil pengukuran lapangan.

### **Analisis Hidrograf Debit Aliran dalam HEC-HMS**

Analisis hidrograf debit aliran dalam HEC terdiri dari dua macam data, yaitu hidrograf debit aliran terukur dan hidrograf debit aliran model. Hidrograf debit aliran terukur diperoleh dari pasangan data hujan-limpasan interval jam-jaman. Hidrograf debit aliran model diperoleh dari model hidrodinamik dalam perangkat lunak HEC-HMS.

Penentuan pramodel hidrodinamik ditentukan pada tahap HEC-GeoHMS, seperti penentuan metode dalam *subbasin*, *reach*, dan *junction*. Parameter awal yang ditentukan sebelum pemrosesan dalam HEC-HMS juga turut dihasilkan oleh HEC-

GeoHMS. Parameter awal tersebut adalah nilai *Curve Number*, *Time lag*, kelerengan sungai, panjang sungai, dan *river weight*.

### **Proses validasi dan kalibrasi Model**

Kalibrasi adalah suatu prosedur untuk menentukan nilai-nilai yang dianggap telah dapat mewakili keadaan DAS/sub DAS yang sebenarnya, berdasarkan data masukan dan keluaran yang tersedia. Proses kalibrasi memerlukan data hidrograf debit terukur dan hidrograf debit model pada waktu yang sama sebagai perbandingan. Proses ini dilakukan secara otomatis dan berulang dengan iterasi tertentu oleh perangkat lunak Hec-HMS. Hasil kalibrasi ditentukan oleh nilai *objective function* model hidrograf debit. Dalam proses kalibrasi nilai parameter DAS yang dimasukkan pada *input* data awal dapat diverifikasi kembali hingga didapat hidrograf debit model yang mendekati hidrograf debit terukur.

### **Potensi Energi air untuk Pembangkit Listrik**

Debit andalan adalah debit aliran sungai yang tersedia sepanjang tahun yang akan digunakan untuk proyek-proyek pengembangan sumberdaya air.

Debit andalan dapat dicari dengan membuat terlebih dahulu garis durasi untuk debit-debit yang disamai atau dilampaui, kemudian kita menetapkan suatu andalan yaitu suatu frekuensi kejadian dimana di dalamnya terdapat paling sedikit satu kegagalan (Soemarto, 1986).

Untuk mengetahui debit aliran sungai secara rinci berdasarkan waktu kejadian dilakukan dengan menentukan nilai debit minimum dan debit maksimum pada hidrograf debit aliran. Debit minimum adalah debit dengan nilai terkecil yang tersedia sepanjang waktu sebagai debit aliran sungai. Debit minimum diperoleh dengan memplot hidrograf debit aliran berdasarkan waktu kejadian. Dengan proses tersebut dapat diketahui kapan terjadinya nilai debit terkecil/minimum di sungai sehingga untuk penggunaannya dapat diperhitungkan kapasitas komponen/generator listrik yang akan digunakan berdasarkan potensi sumberdaya air yang ada. Untuk jelasnya penentuan debit minimum berdasarkan kejadian hidrograf debit aliran sungai.

Pembangkitan tenaga air adalah suatu bentuk perubahan tenaga dari tenaga air dengan ketinggian dan debit

tertentu menjadi tenaga listrik, dengan menggunakan turbin air dan generator. Daya (*power*) yang dihasilkan dapat dihitung berdasarkan rumus:

$$P = 9,8 \cdot H \cdot Q$$

Dengan:

P = tenaga yang dikeluarkan secara teoritis (KiloWatt)

H = tinggi jatuh air efektif (m)

#### BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

##### Karakteristik dan Morfometri SubDAS.

Berdasarkan hasil perhitungan morfometri subDAS melalui proses *software* HecGeo-HMS 10, subDAS Bula diperoleh hasil seperti disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1, Nilai parameter SubDAS hasil proses *software* HecGeo-HMS

No	Parameter Morfometri SubDAS	Nilai
1.	Luas subDAS	44,38 Km <sup>2</sup>
2.	Titik berat subDAS ( <i>center of gravity</i> )	X=533,258.7636 Y=51,252.9415
3.	Kemiringan subDAS	18,3 %
4.	Panjang sungai Utama	11,542 Km
5.	Kemiringan sungai (S)	0,065
6.	Ketinggian segmen sungai	Hulu = 850 (m) outlet = 100 (m)

##### Klasifikasi Tanah dan Penggunaan Lahan untuk Menentukan Nilai CN.

Berdasarkan peta tanah lembar Taludaa Bone Bolango skala 1: 50.000

Q = debit air (m<sup>3</sup>/s)

Dalam analisis sistem PLTA Efisiensi pembangkit listrik tenaga air biasanya ditetapkan 75 %, sehingga persamaan di atas menjadi:

$$P = 9,81 \times Q \times H \times \eta E \text{ (KW)}$$

jenis tanah di subDAS Bula terdiri atas 3 jenis tanah yaitu: Alfisol, Inseptisol, dan Mollisol. Berdasarkan klasifikasi USDA berbagai jenis tanah tersebut dikelompokkan dalam tiga jenis tekstur tanah yaitu: geluh berdebu, geluh berpasir dan pasir bergeluh.

Berdasarkan peta penggunaan lahan dan penyesuaian dengan kondisi sesuai pengamatan di lapangan serta kelompok hidrologi tanah, ditentukan nilai CN berdasarkan tabel SCS – *Curve Number*. Untuk wilayah DAS Bula penentuan peta CN mengacu pada sebaran penggunaan lahan, tutupan vegetasi dan kelas hidrologi tanah. Berdasarkan hasil analisis peta penggunaan lahan dan liputan vegetasi lapangan diperoleh jenis penggunaan lahan, luasan, dan nilai kerapatan vegetasi di subDAS Bula dihitung nilai CN komposit seperti disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2, Perhitungan angka CN di sub DAS Bula

No	Tipe landuse, Perlakuan, Kondisi Tanah	Kondisi	Kerapatan (%)	Luas (KM <sup>2</sup> )	Kelompok Tanah	Angka CN	CN Komposit = 5 x 7
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Pemukiman	70% kedap air	30%	3.68	C	70	257.6
2	Perkebunan	Jelek	50 %	50.08	C	69	3,455.52
3	Pertanian Lahan Kering	Jelek	< 25 %	267.65	C	75	20,073.75
4	Hutan Primer & Sekunder	Sedang	30-70 %	4,212.80	B	60	252,768.00
				4,534.21			276,554.87
				Angka CN Komposit = 275,554.87/ 4,534.21=			<b>60,77</b>

### Analisis Model Hidrograf Limpasan dengan *software* HEC-HMS

Analisis hidrograf debit aliran (*runoff*) dalam HEC-HMS terdiri dari dua macam data, yaitu hidrograf debit aliran observasi dan hidrograf debit aliran simulasi/model. Hidrograf debit aliran observasi diperoleh dari pasangan data hujan-limpasan interval jam-jaman, sedangkan hidrograf debit aliran simulasi/model diperoleh dari model hidrodinamik dalam perangkat lunak HEC-HMS.

Nilai parameter yang menjadi input dalam komponen HEC-HMS di peroleh dari proses HecGeo-HMS dan melalui analisis persamaan. Untuk mengetahui berapa besar volume air yang masuk/terinfiltrasi kedalam tanah yang di duga dari CN ditunjukkan dalam persamaan berikut:

$$S = 25,4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

Dimana:

S = retensi air potensial maksimum atau kapasitas penyimpanan maksimum setelah *run-off* terjadi, atau air yang ter-infiltrasi ke dalam tanah (mm)

CN = *Curve Number*. pada wilayah subDAS Bula.

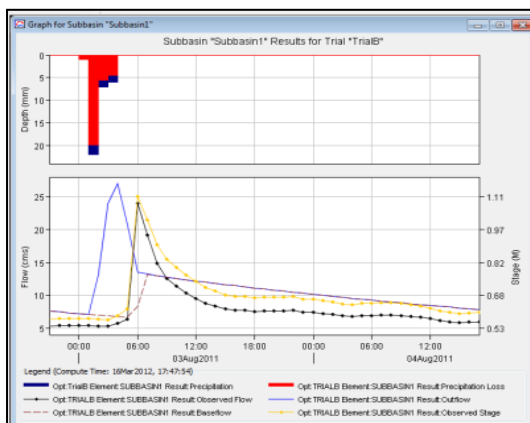
Dengan memasukkan nilai CN untuk wilayah subDAS Bula diperoleh nilai kapasitas penyimpanan maksimum setelah terjadinya *runoff*, adalah:

$$S = 25,4 \times (1000 / 60,77) - 10 = 90,22 \text{ mm}$$

Limpasan permukaan akan mengalir melalui saluran atau parit-parit kecil dan akhirnya sampai ke sungai. Pada kenyataanya bahwa sebelum terjadi limpasan permukaan, sebagian hujan menjadi abstraksi awal (*initial abstraction, Ia*). *Initial abstraction* - Ia

adalah kehilangan sebelum limpasan terjadi yang meliputi air yang tertahan di permukaan, air yang terintersepsi oleh vegetasi, evaporasi dan infiltrasi (USDA NRCS, 2005). Ia didekati dengan persamaan  $I_a = 0,2 \times S$ ,  $I_a = 0,2 \times 90,22 = 18,04 \text{ mm}$ .

Berdasarkan proses HEC HMS dengan input data hujan tunggal pada tanggal 3 Agustus 2011 dan parameter morfometri subDAS, diperoleh hidrograf model sebagaimana disajikan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1, Hidrograf model hasil proses HEC-HMS

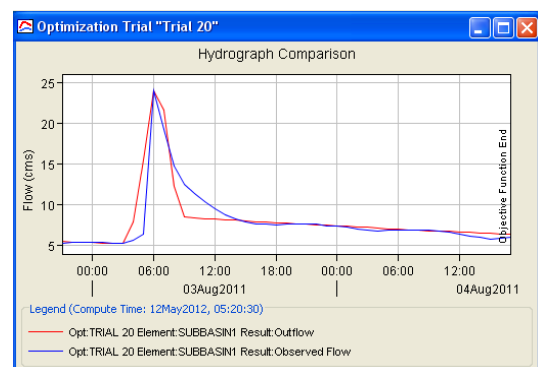
Output hidrograf model terlihat bahwa hidrograf hasil simulasi berbeda dengan hidrograf hasil observasi. Dengan demikian model simulasi hasil HEC-HMS belum dapat diterima dan diperlukan proses kalibrasi dengan melakukan penyesuaian pada nilai-nilai parameter model.

## Validasi dan Kalibrasi Hidrograf Model dan HEC-HMS

Proses validasi dilakukan dengan mengganti nilai-nilai parameter dari nilai minimum sampai maksimum hingga *running* menemukan hidrograf model yang mendekati model pengamatan. Untuk parameter yang telah sesuai dapat di *lock* sambil terus menyesuaikan nilai parameter lainnya.

Berdasarkan pengujian/validasi, parameter *Curve Number* memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap puncak hidrograf model. Perubahan kecil pada nilai parameter ini menghasilkan perubahan yang cukup besar terhadap puncak hidrograf model. Pada penelitian ini, analisis sensitivitas HEC-HMS dilakukan terhadap 6 parameter yakni: *baseflow*, *baseflow threshold*, *Curve Number*, *initial abstraction*, *Recession Constant*, dan *Time Lag*. Nilai hasil optimasi kalibrasi parameter pada maksimum 50 *iteration*.

Dari hasil kalibrasi, diperoleh bentuk hidrograf model yang hampir menyerupai hidrograf hasil observasi seperti disajikan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2, Hidrograf hasil optimasi kalibrasi HEC-HMS

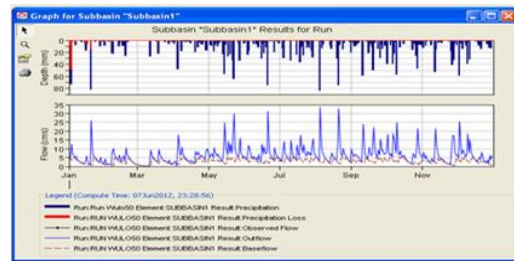
Volume hidrograf simulasi masih sedikit berbeda dengan observasi, namun untuk *peak flow* telah sama dengan puncak hidrograf observasi. Demikian pula dengan garis *baseflow* diperoleh garis baseflow yang berdempet dengan hasil observasi. Dengan melihat hidrograf hasil simulasi sebagian besar telah menyerupai hasil observasi terutama untuk *peak flow* dan garis *baseflow* maka hidrograf model dapat diterima dan dapat dinyatakan sebagai hidrograf model penelitian.

**Hasil analisis debit aliran Sungai Bula (software HEC-HMS)**

Berdasarkan hasil optimasi model hujan-aliran yang diterapkan di sungai Bula, SubDAS Bula Bone Bolango dapat jelaskan bahwa proses model HSS-SCS CN menghasilkan nilai debit aliran sungai sebesar 23,98 m<sup>3</sup>/det dan volume aliran sebesar 29,52 dengan nilai parameter: luas *area subBasin* = 44,38 Km<sup>2</sup>, panjang sungai utama = 11,542 Km, *Curve Number* = 68,5, air yang terabstraksi ke dalam tanah (*Initial abstraction*) = 18,8 mm, aliran bawah tanah (*baseflow*) = 5,53 m<sup>3</sup>/det, rasio aliran yang terjadi sebelum dan pada saat

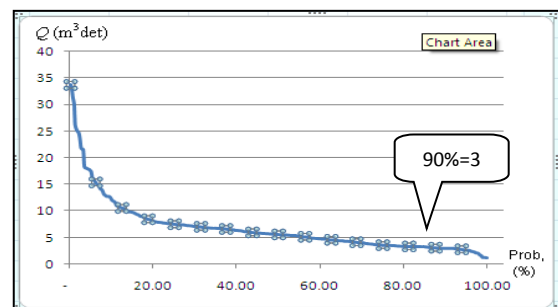
pengukuran (*Recession constant*) = 0,8 dan waktu yang dibutuhkan untuk memperoleh debit puncak setelah kejadian hujan maksimum adalah 73,35 menit atau 1,22 jam.

Hasil optimasi hidrograf simulasi HEC-HMS dengan input presipitasi data hujan harian *continuous* bulan Januari sampai Desember Tahun 2014, disajikan pada Gambar 4.3.



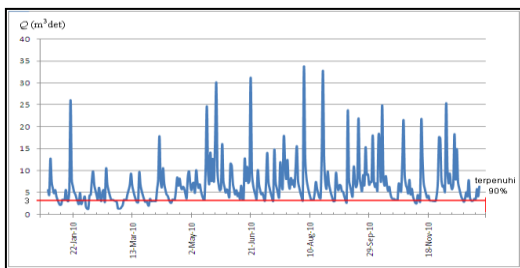
Gambar 4.3, Hidrograf debit aliran Sungai Bula subDAS Bula dengan input data presipitasi hujan bulan Januari – Desember 2014.

Data debit aliran *output* hidrograf hasil proses HEC-HMS dapat dilihat pada *Time-series Table* kolom *Total results* (m<sup>3</sup>/s). Data aliran *baseflow* pada kolom *Baseflow* (m<sup>3</sup>/s). Debit andalan 90% sebagai aliran yang terpenuhi sepanjang satu tahun berdasarkan *Flow Duration Curve* (FDC) adalah sebesar 3 m<sup>3</sup>/det, seperti disajikan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4, Debit andalan 90 % Sungai Bula subDAS Bula

Data debit beserta waktu kejadian hasil proses HEC-HMS dianalisis menggunakan *software microsoft excel* pada komponen *input charts scatter* untuk memperoleh grafik hidrograf debit berdasarkan waktu kejadian. Grafik hidrograf debit Sungai Bula disajikan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5, Grafik hidrograf debit aliran Sungai Bula subDAS Bula 90% terpenuhi selang bulan Januari-Desember Tahun 2014.

Nilai debit aliran berdasarkan waktu kejadian disajikan pada Tabel 4.3

Tabel 4.3, Debit aliran Sungai Bula berdasarkan waktu kejadian

Debit aliran		Waktu Kejadian
Debit minimum/ 90% terpenuhi sebagai aliran Sungai Bula.	3,00 (m <sup>3</sup> /det)	Debit minimum tidak terpenuhi pada Tanggal 11-12 Januari, 2-4 Februari, 1-5 Maret, 24-27 Maret, 14-15 April, 10 September, 7-8 November, dan 18

	Desember 2014 turun hingga 1,22 m <sup>3</sup> /det
--	---

## BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan hasil penelitian dapat dirumuskan kesimpulan penelitian sebagai berikut:

1. Pemodelan estimasi variabilitas limpasan di SubDAS Bula berdasarkan optimasi parameter CN, abstraksi awal sebelum limpasan terjadi (Ia), dan beda waktu puncak hujan dan puncak hidrograf aliran (TL), menunjukkan nilai *Base flow*=5,5 m<sup>3</sup>/det, CN=68,5, Ia=18,8, Rc=0,8, dan TL=73,35 menit. Berdasarkan *output* hidrograf aliran, diperoleh debit minimum Sungai Bula sebesar 5,04 m<sup>3</sup>/det.
2. Penerapan model hasil penelitian untuk mengestimasi nilai debit aliran sungai di lokasi penelitian (subDAS Bula) dengan potensi energi terbarukan aliran sungai (debit air) 5,04 m<sup>3</sup>/det dan ketinggian jatuh air sebesar 3,25 meter, dapat diperoleh pembangkitan energi listrik sebesar 12,04 Kilo Watt.

## Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kajian pendugaan debit aliran sungai dengan menggunakan model *soil Concervation Cervice – Curve Number* (SCS-CN) dapat digunakan untuk menganalisis debit aliran sungai lain yang ada di Provinsi Gorontalo atau Daerah lainnya secara spasio temporal. Analisis model diterapkan pada subDAS yang kecil, dan hasil analisis model digunakan untuk menganalisis nilai debit aliran sungai-sungai lain dalam wilayah DAS.
2. Dalam pembangunan pembangkit listrik dengan potensi aliran air sungai (Pembangkit listrik mikro hidro dan mini hidro) hendaknya dilakukan melalui kajian mendalam terutama nilai potensi energi yang dapat diperoleh sepanjang tahun pada aliran sungai tersebut, agar pembangkit listrik dapat beroperasi dengan lebih efektif dalam memenuhi kebutuhan listrik masyarakat sekitarnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar A. dan S. Kuwahara, 1991, Teknik Tenaga Listrik, Jilid I, II, III Pradnya Paramita, Jakarta.
- Asdak, C., 2007, Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Chow, V.T., D.R. Meidment dan L.W. Mays, 1988, *Applied Hydrology*, McGraw Hill Book, New York.
- Kirpich, P.Z., 1940, Time of Concentration of Small Agricultural Watersheds, *Civil Engineering*. 10 (6); 363.
- Linsley, R.K., M.A. Kohler dan J.L.H. Paulhus, 1988, *Hydrology of Engineers*. McGraw-Hill Book Co., London.
- Neal, C.A. Robson, B. Reynolds dan A. Jenkins, 1992, Prediction of future short term stream chemistry: a modelling approach, *journal of hidrology*, vol 130. hal. 87-103.
- Seyhan, E., 1990, Dasar-dasar Hidrologi, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Soemarto, C.D., 1999, Hidrologi Teknik, Edisi kedua, Erlangga, Surabaya.
- Sosrodarsono dan S. Takeda, 1978, Hidrologi Untuk Pengairan, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sri-Harto, Br., 2000, Analisis Hidrologi, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Tivianton, T.A., 2010, Analisis Hidrograf Banjir Rancangan Terhadap Perubahan Penggunaan Lahan dalam Berbagai Kala Ulang Metode Hujan-Limpasan dengan HEC-GeoHMS dan HEC-HMS, *Thesis*, Fakultas Geografi, Universitas Gajah Mada.
- USACE, 2000, Hydrologic Modeling System HEC-HMS, *Technical Reference Manual*, US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, California.
- USDA NRCS, 2005, *National Engineering Handbook Section 4:*



*Hydrology*, Washington DC,  
U.S.A.

Viesmann, Jr.W., 1989, *Intoduction to Hydrology*, Harper and Row Publishers, New York.

Wijaya, T.A., 2004, *Analisis Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Perubahan Karakteristik Hidrograf Banjir Menggunakan Software HEC-HMS versi 2.2*, *Skripsi*, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada