

forum teknik elektro dan teknologi informasi

Jurnal Ilmiah

foristek

JUDUL DI EDISI KALI INI

Karakteristik Debit Air, Intensitas Radiasi Matahari, dan Kecepatan Angin Sebagai Komponen Hybrid Energi di Gorontalo

Ervan Hasan Harun, Jumiaty Ilham

Model Analisis Potensi Energi Terbarukan Berdasarkan Aliran Sungai dalam Lingkungan DAS

Sardi Salim

Rancang Bangun Sistem Hybrid Tenaga Surya dan Tenaga Angin Sebagai Sumber Energi Listrik di Kabupaten Sigi

Protus P. Kalatiku, Yosep S. Paradungan, A. Y. Erwin Dodu

Pelatihan Komputer dan Instalasi Listrik Kelompok Remaja Putus Sekolah Daerah Rawan Konflik di Kabupaten Sigi

Baso Mukhlis, Deny Wlria Nugraha, Protus P. Kalatiku

Pembuatan Materi Pembelajaran Multimedia Interaktif Bagi Kelompok Guru Madrasah Tsanawiah di Kabupaten Sigi

Yusuf Anshori, A. Y. Erwin Dodu, Mohammad Yazdi

Evaluasi Jaringan Tegangan Menengah Sistem Kelistrikan Kampus Universitas Tadulako Menggunakan ETAP 7.5.0

I Nyoman Santiasa, Muh. Sarjan, Yuli Asmi Rahman

Pemodelan dan Sistem Informasi Prediksi Kapasitas Pembangkit Listrik Menggunakan Neural Network

Salmawaty Tansa, Bambang Panji Asmara

forum teknik elektro dan teknologi informasi



MODEL ANALISIS POTENSI ENERGI TERBARUKAN BERDASARKAN ALIRAN SUNGAI DALAM LINGKUNGAN DAS

Dr. Sardi Salim, M.Pd

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Gorontalo

Email :

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Penelitian

Pembangunan pembangkit listrik tenaga air tergantung dari adanya potensi aliran air sungai serta karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS). Aliran air sungai tergantung dari adanya hujan yang jatuh dalam daerah tangkapan air dan unsur dalam sistem DAS berupa: geomorfologi DAS, morfometri sistem DAS, kondisi tanah, penggunaan lahan, vegetasi, serta unsur manusia sebagai pengguna air di daerah tersebut.

Nilai energi aliran sungai dan ketinggian jatuh air (*head*) sangat menentukan kapasitas pembangkit energi listrik yang akan dibangun ditempat tersebut. Luasnya wilayah DAS dan sulitnya melakukan pengukuran secara langsung di lapangan, membutuhkan suatu model analisis untuk menduga limpasan dalam wilayah DAS.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Membuat pemodelan estimasi variabilitas limpasan di subDAS Bula.
2. Menerapkan model analisis limpasan untuk mengestimasi variabilitas limpasan pada subDAS lain di DAS Bone Gorontalo.
3. Mengkaji sumberdaya listrik berdasarkan potensi aliran sungai dan ketinggian jatuh air, pada masing-masing subDAS di DAS Bone Gorontalo.
4. Mengkaji sebaran potensi energi listrik berdasarkan kebutuhan pengguna/masyarakat secara spasio temporal di DAS Bone Gorontalo.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Pendekatan Penelitian

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi eksplorasi dan pemodelan potensi aliran sungai sebagai sumber energi pembangkit tenaga listrik.

2.2. Analisis Data Hidrologi

Data hidrologi yang diperlukan terbagi menjadi dua jenis sumber data, yaitu 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. 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 [1].

Pengukuran debit lapangan dilakukan beberapa kali untuk memperoleh data debit pada ketinggian air minimum dan ketinggian air maksimum (saat air surut dan banjir). Setiap pengukuran disesuaikan dengan nilai ketinggian air yang terbaca pada papan duga air. Dalam penelitian ini dilakukan pengukuran 13 kali selang bulan Mei sampai dengan bulan Oktober 2011. 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.

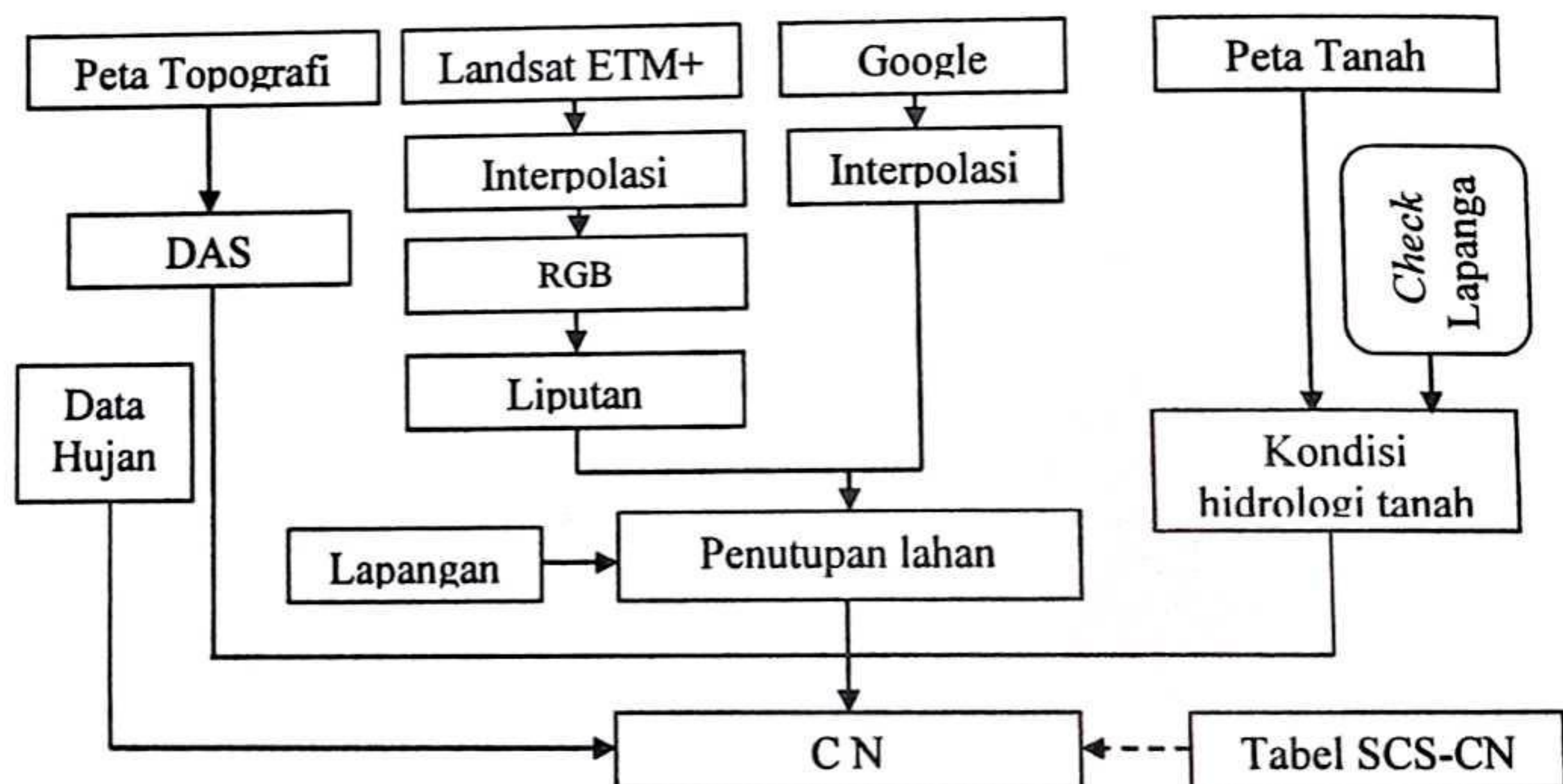
2.3. Analisis Karakteristik dan Morfometri subDAS dengan HecGeoHMS

Analisis morfometri SubDAS diambil dari data DEM dengan perangkat

lunak HEC-GeoHMS. Uji batas SubDAS hasil HEC-GeoHMS dilakukan dengan perbandingan visual kenampakan kontur pada peta RBI, Aspek morfometri SubDAS seperti kemiringan lereng sungai, panjang sungai, titik berat SubDAS diperoleh juga dari analisis HEC-GeoHMS. Alur kerja Proses karakteristik SubDAS dalam Hec-GeoHMS disajikan dalam Gambar 1 [2]. Selanjutnya dilakukan proses *terrain* yang terdiri dari delapan tahapan yaitu: 1) *Fill Sink*, 2) *Flow Direction*, 3) *Flow Acumulation*, 4) *Stream Definition*, 5) *Stream Segmentation*, 6) *Catchment Delineation*, 7) *Catchment Polygon Processing*, dan 8) *Drainage Line Processing*

2.4. Analisis Curve Number (CN)

Pada sebaran nilai CN diperoleh dari *overlay* hasil peta penggunaan lahan dengan peta tanah yang disesuaikan dengan kelas hidrologi tanah berdasarkan hasil *check* lapangan. Klasifikasi nilai *Curve Number* sesuai dengan tabel SCS-CN. Proses analisis citra hingga penentuan klasifikasi CN ditunjukkan dengan urutan pengerjaan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur pembuatan CN

Nilai CN subDAS diperoleh melalui analisis *overlay* antara berbagai komponen seperti peta topografi wilayah penelitian, peta penggunaan lahan, peta

tanah, penyesuaian karakteristik DAS dan hasil *check* lapangan yang selanjutnya dianalisis berdasarkan acuan Tabel SCS-CN.

2.5. 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*.

2.5.1. Volume runoff dengan Model SCS-CN

Metode SCS-CN merupakan model yang dikembangkan oleh SCS-USDA untuk mensimulasikan nilai *runoff* dengan memasukkan parameter :

1. Penggunaan lahan
2. Tekstur tanah, dan
3. Tingkat kelembaban tanah saat terjadi hujan

Ketiga parameter tersebut kemudian ditentukan indeks dalam *Curve Number* (CN), berdasarkan kelas hidrologi tanah (*Hydrology Soils Group*, HSG) dan kondisi tutupan lahan yang bersifat umum.

2.5.2. Direct runoff dengan Model Clark Unit Hydrograph

Bentuk hidrograf satuan sintetik model Clark pada dasarnya ditentukan berdasarkan parameter waktu konsentrasi (*tc*), koefisien simpanan DAS (*R*) dan diagram luas-waktu [3]. mengenalkan salah satu persamaan untuk mencari waktu konsentrasi (jam) menggunakan Persamaan 1.

$$Tc = 5,0 \left(\frac{L_{ms}}{\sqrt{ars}} \right)^{0,5} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan L_{ms} adalah panjang sungai utama (mil), dan ars adalah kemiringan saluran atau *slope channel* (ft/mil).

2.5.3. Baseflow dengan Model Resesi Eksponensial

Aliran dasar terjadi akibat limpasan yang berasal dari kejadian presipitasi terdahulu yang tersimpan secara temporer dalam suatu DAS, ditambah dengan limpasan subpermukaan yang tertunda dari suatu kejadian hujan. Pada penelitian ini, metode perhitungan aliran dasar yang digunakan adalah *exponential recession model*. Hubungan antara aliran dasar pada periode t (Q_t) dan aliran dasar awal/pada $t=0$. (Q_0) dirumuskan dalam persamaan 2, [3]:

$$Q_t = k^t * Q_0 \dots\dots\dots (2)$$

dengan k merupakan konstanta resesi.

Parameter *baseflow model* yang diperlukan HEC-HMS sebagai masukan meliputi aliran dasar awal, konstanta resesi dan aliran *threshold* (aliran saat dimulainya kurva resesi pada sisi yang menurun dari sebuah hidrograf). Ketiga parameter tersebut ditetapkan berdasarkan analisis terhadap hidrograf pengamatan.

2.5.4 Proses validasi dan kalibrasi.

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.

2.6. Simulasi Model untuk Pendugaan Limpasan di DAS Bone

Analisis simulasi pendugaan limpasan di subDAS lain menggunakan parameter hasil analisis model SCS-CN dalam software HEC-HMS sebagai model pendugaan limpasan Sungai Bula subDAS Bula. Parameter yang berubah adalah nilai

CN, Ia, dan *Time lag* yang dianalisis berdasarkan karakteristik masing-masing subDAS. Data hujan sebagai input utama menggunakan data rata-rata hujan wilayah DAS Bone yang diperoleh dari data sekunder setelah melalui proses *polygon thiesen*. Nilai CN dan Ia diperoleh berdasarkan analisis penggunaan lahan dan jenis tanah dengan kondisi hidrologi (HSG) tanah yang telah disesuaikan berdasarkan hasil pengecekan lapangan di subDAS Bula sebagai objek kajian model penelitian.

Proses simulasi dimulai dari perubahan *input* parameter pada *basin* maupun *subbasin* dan *reach*. Perubahan parameter berupa nilai *Curve Number*, *impervious area* dan data hujan harian rata-rata pada wilayah DAS Bone. Perlu diketahui bahwa dalam melakukan simulasi, nilai *observed flow* pada *junction* tidak digunakan lagi.

2.7. Potensi Energi air untuk Sumberdaya 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 [4].

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.

2.8. Tinggi Jatuh Air (*head*).

Untuk mendapatkan tinggi jatuh air yang memadai perlu dibangun saluran air yang sesuai agar dapat menghasilkan volume aliran sungai optimal untuk memutar turbin pembangkit listrik. Perolehan tinggi jatuh air (*head*) didasarkan pada kemiringan (*slope*) sungai sesuai kondisi lapangan. Sudut elevasi kemiringan sungai dapat diperoleh melalui pengukuran lapangan dengan menggunakan alat ukur theodolite, atau melalui interpretasi citra dengan menentukan nilai ketinggian tempat titik pengamatan (tempat AWLR) dan nilai ketinggian tempat pada bangunan pembangkit listrik mikro hidro sesuai asumsi jarak ideal yang dapat diperoleh. Penentuan nilai ketinggian jatuh air (*head*) ditentukan dengan mengurangkan nilai ketinggian titik pengamatan dan nilai ketinggian titik bangunan PLTMH. Nilai ketinggian tempat dijumlahkan dengan tinggi aliran air sungai setelah dibendung merupakan nilai tinggi jatuh air (*Head*) sungai.

2.9. Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Air

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:

$$P = 9,8 \cdot H \cdot Q \dots\dots\dots(3)$$

Dengan:

P = tenaga yang dikeluarkan secara teoritis (KiloWatt)

H = tinggi jatuh air efektif (m)

Q = debit air (m³/s)

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

$$P = 9,81 \times Q \times H \times \eta E \text{ (KW) } \dots (4)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik dan Morfometri SubDAS.

Berdasarkan hasil perhitungan morfometri subDAS melalui proses *software* HecGeo-HMS 10, subDAS Bula diperoleh hasil seperti disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1, Nilai parameter SubDAS hasil proses *software* HecGeo-HMS

No	Parameter Morfometri SubDAS	Nilai
1.	Luas subDAS	44,38 Km ²
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)

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

Berdasarkan peta tanah lembar Taludaa Bone Bolango skala 1: 50.000 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 2.

Tabel 2, Perhitungan angka CN di subDAS Bula

No	Tipe landuse, Perlakuan, Kondisi Tanah	Kondisi	Kerapatan (%)	Luas (KM ²)	Klpk 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= 60,77							

3.3. 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:

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

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:

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

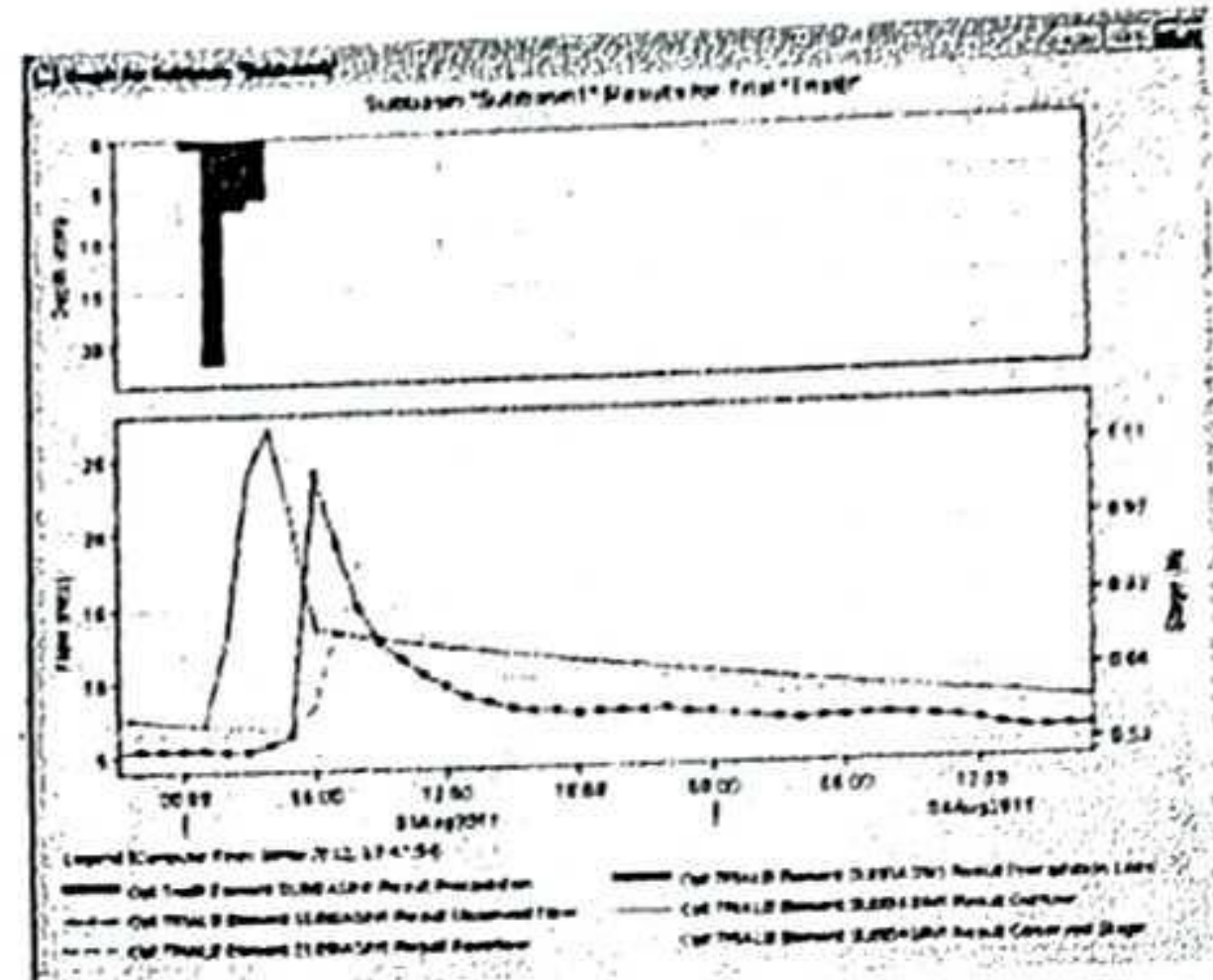
Limpasan permukaan akan mengalir melalui saluran atau parit-parit kecil dan akhirnya sampai ke sungai. Pada kenyataannya bahwa sebelum terjadi limpasan permukaan, sebagian hujan menjadi abstraksi awal (*initial abstraction, Ia*). *Initial abstraction* - Ia adalah kehilangan sebelum limpasan terjadi yang meliputi air yang tertahan di permukaan, air yang terintersepsi oleh vegetasi, evaporasi dan infiltrasi [5]. Ia didekati dengan persamaan $Ia = 0,2 \times S$, $Ia = 0,2 \times 90,22 = 18,04 \text{ mm}$. Nilai parameter yang diinput dalam komponen *subbasin* program HEC-HMS disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3, Parameter basin sebagai input HEC-HMS

Komponen	Parameter	Nilai
I. SubBasin	Area (Km ²)	44,38
2. Loss	Initial abstraction (mm)	18,04
	Curve Number	61,00
	Impervious (%)	0,0
III Transform	Time Lag (min)	168
IV Base Flow	Initial discharge (M ³ /s)	5,3
	Recession constant	0,9
	Flow (m ³ /s)	7,7

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 2.

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.

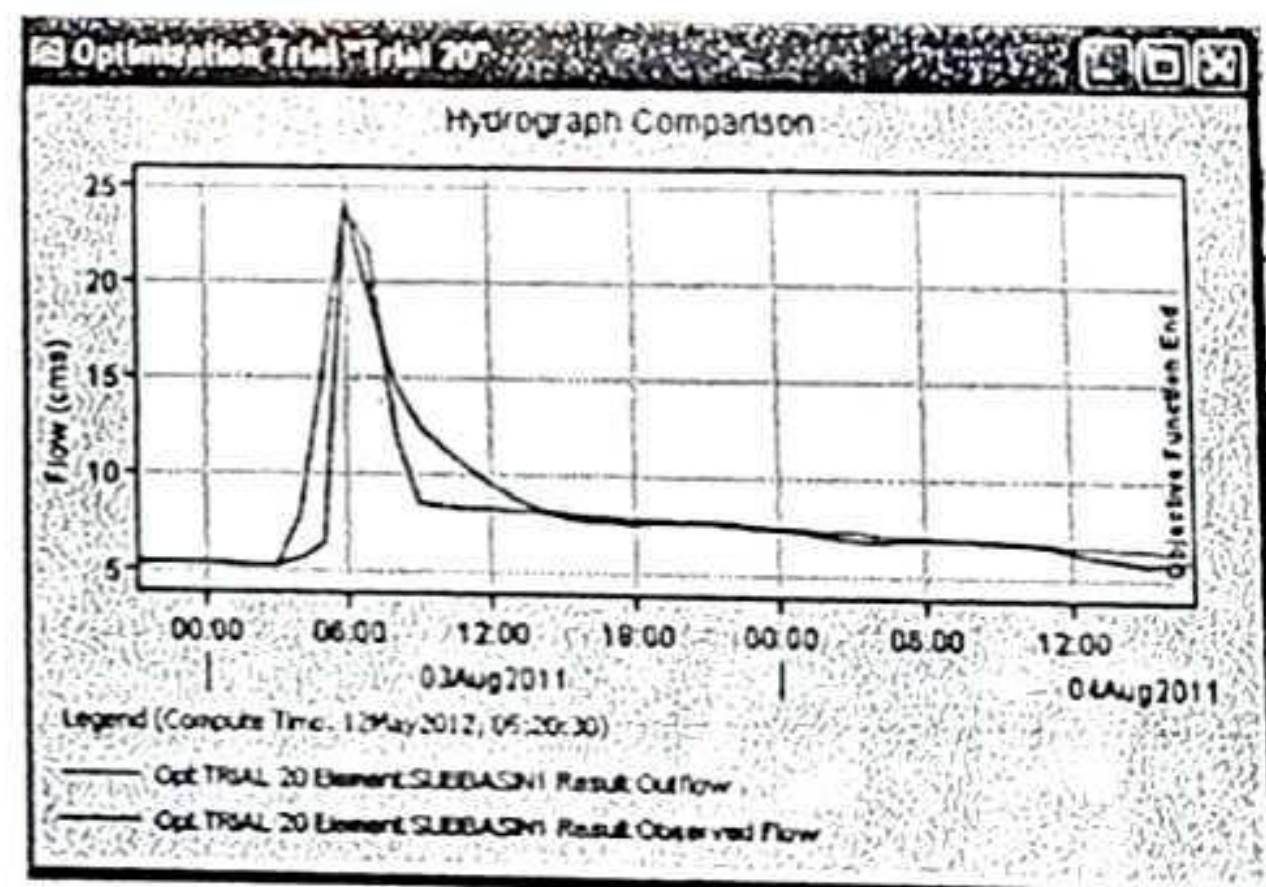


Gambar 2. Hidrograf model hasil proses HEC-HMS

3.5. 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*.



Gambar 3. Hidrograf hasil optimasi kalibrasi HEC-HMS

Dari hasil kalibrasi, diperoleh bentuk hidrograf model yang hampir menyerupai hidrograf hasil observasi seperti disajikan pada Gambar 3.

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 optimalisasi dengan software HEC-HMS pada waktu puncak tanggal 3 Agustus 2011, jam 06.00 dan capaian waktu titik tengah basin tanggal 3 Agustus jam 17.22, menghasilkan volume *runoff* adalah sebesar 29,52 mm dan debit puncak sebesar 23,98 m³/det, dengan persentasi penyimpangan volume *runoff* sebesar 1,56 % dan penyimpangan debit puncak adalah 0. Hasil optimasi volume *runoff* dan *peak flow* ditunjukkan pada Tabel 4.

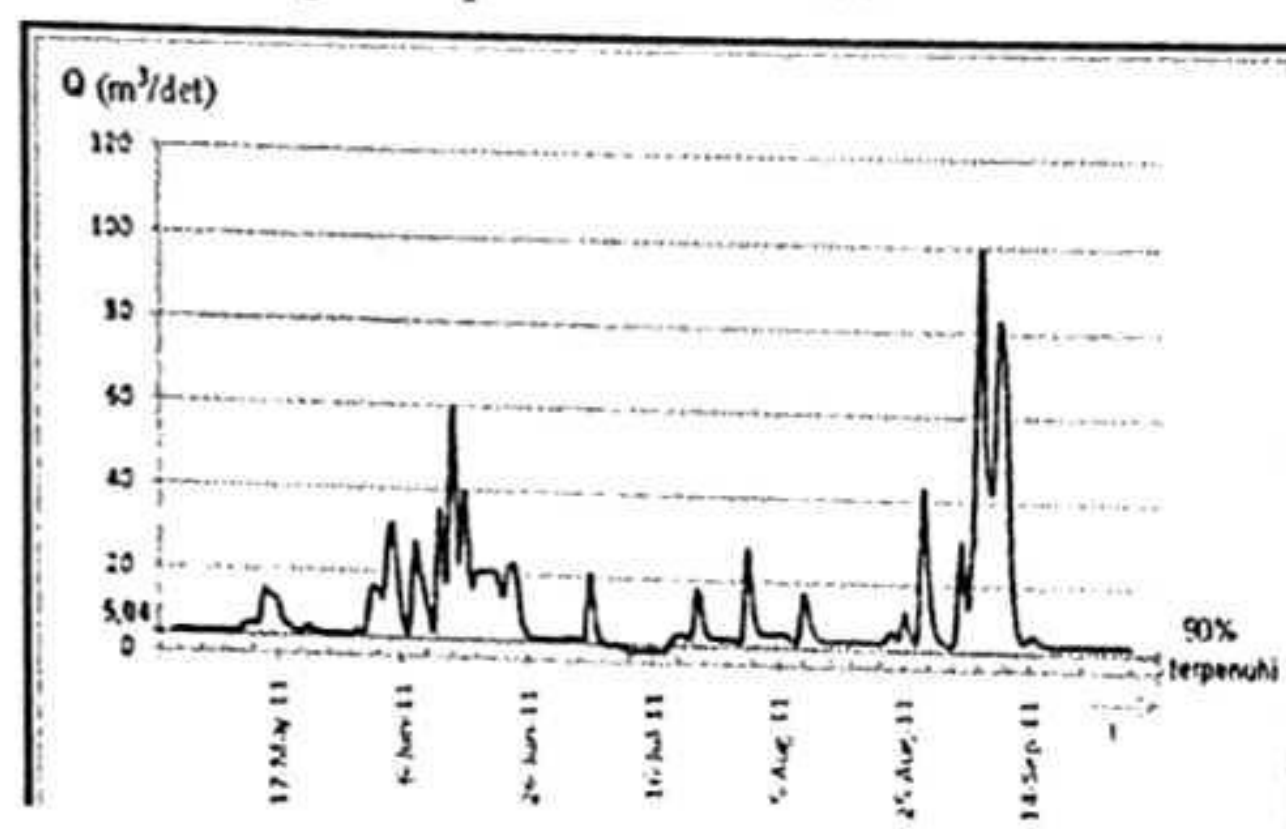
Tabel 4. Hasil optimasi HEC-HMS

Project: Project Wulo2		Optimization Trial: Trial 20		
Start of Trial: 02Aug2011, 21:00	Basin Model: DAS Wulo2			
End of Trial: 04Aug2011, 17:00	Meteorologic Model: Meteorologi			
Compute Time: 12May2012, 05:20:30	Control Specifications: SPAS Bone			
Objective Function of Basin Element "Subbasin1"				
Start of Function: 02Aug2011, 21:00	Type: Percent Error in Volume			
End of Function: 04Aug2011, 17:00	Value: 0.0			
Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 MG				
Measure	Simulated	Observed	Difference	Percent Difference
Volume (MM)	29.52	29.06	0.45	1.56
Peak Flow (M3/S)	23.98	23.98	0.00	0.0
Time of Peak	03Aug2011, 06:00	03Aug2011, 06:00		
Time of Center of Mass	03Aug2011, 17:35	03Aug2011, 17:35		

Untuk mengetahui debit aliran sungai secara rinci berdasarkan waktu kejadian dilakukan dengan menentukan nilai debit maksimum dan nilai debit minimum berdasarkan hidrograf aliran Sungai Bula seperti disajikan pada Gambar 4.

Hasil optimalisasi digambarkan secara grafik *scatter* yang nilainya di plot sesuai waktu kejadian dengan menggunakan *software microsoft excel*. Secara rinci nilai debit maksimum dan debit minimum Sungai Bula Bone Bolango berdasarkan

waktu kejadian dengan input data hujan selang bulan Mei sampai September Tahun 2011 disajikan pada Tabel 4.5.



Gambar 4. Grafik hidrograf debit aliran Sungai Bula

Tabel 5. Debit minimum berdasarkan waktu kejadian, n 90% terpenuhi sebagai aliran Sungai Bula

Debit aliran		Waktu Kejadian
Debit minimum/ 90% terpenuhi sebagai aliran Sungai Bula.	5,04 (m ³ /det)	Terjadi sepanjang waktu kecuali pada Tanggal 9 – 18 Juli 2011 turun hingga 2,5 m ³ /det

Debit minimum merupakan potensi sumberdaya air sungai yang akan digunakan sebagai energi pembangkit tenaga listrik.

3.6. Simulasi Model untuk subDAS lain di DAS Bone Gorontalo

Simulasi untuk beberapa penggunaan lahan di subDAS lain dalam wilayah suatu DAS dilakukan dengan menerapkan model hasil analisis pada DAS tersebut. Masukan utama pada *time-series* presipitasi adalah data hujan yang terdapat di wilayah DAS Bone Gorontalo. Data hujan wilayah DAS Bone dianalisis menggunakan cara *polygon thiesen* untuk menentukan karakteristik hujan dan cakupan hujan pada masing-masing subDAS di DAS Bone.

Parameter input masing-masing subDAS adalah: Luas subDAS, nilai CN dan Ia. Nilai luas penggunaan lahan dipresentasikan dengan angka CN. Parameter sebagai input HEC-HMS tidak ada yang berubah kecuali luas area masing-masing subDAS, nilai CN, *Initial*

abstraction (Ia), dan *Time Lag* (TL). Nilai parameter lain dianggap konstan pada semua subDAS. Dengan input data hujan wilyah pada masing-masing subDAS, nilai CN dan Ia, dapat diamati dengan terjadinya perubahan pada volume limpasan (Qv) dan debit puncak (Qp).

3.7. Potensi Energi Pembangkit Tenaga Listrik

Berdasarkan nilai variabel debit sungai dan nilai ketinggian jatuh air (*head*), dapat dihitung Daya Listrik yang dapat peroleh pada masing-masing sungai dalam wilayah DAS Bone. Daya listrik yang dihasilkan adalah berdasarkan nilai debit minimum yang terpenuhi sepanjang tahun untuk menentukan kapasitas generator listrik yang akan dipasang. Dengan memasang generator listrik pada kapasitas daya listrik tersebut dapat diperoleh daya listrik pada saat debit minimum dan saat debit mengalami kenaikan. Potensi energi listrik pada masing-masing sungai di DAS Bone disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Potensi Sumberdaya Listrik masing-masing Sungai di DAS Bone

No	Nama Sungai	Sumberdaya Listrik PLTMH (Kilo watt)	Ket. Kelayakan
1	Bula	12,04	Layak
2	Wulo	7,17	Layak
3	Tulabolo	9,11	Layak
4	Matango	2,07	Layak
5	Bulawa	8,02	Layak
6	Bala	12,68	Layak
7	Bone Hulu	10,03	Layak
8	Butahu	16,54	Layak
9	Dulamayo	0,14	Tidak
10	Lama	2,30	Layak
11	Mogi Daa	9,56	Layak
12	Motomboto	0,33	Tidak
13	Olama	24,44	Layak
14	Munalo	0,22	Tidak
15	Ulanta	16,50	Layak
16	Buano	32,34	Layak
17	Pinogu	6,84	Layak
Total		170,31	

Sumber: Hasil analisis sumber daya listrik berdasarkan aliran dan *head* sungai

Kemampuan daya PLTMH dapat diperbesar dengan menambah ketinggian jatuh air (*head*). Semakin besar ketinggian jatuh air yang dapat diperoleh di lapangan maka daya PLTMH yang dihasilkan akan semakin besar.

3.8. Analisis Kebutuhan Energi Listrik Bagi Pengguna (Masyarakat)

Sebaran pemukiman di DAS Bone dianalisis berdasarkan plot citra *Quickbirds* perekaman Tahun 2010. Jumlah rumah dihitung berdasarkan kenampakan citra dan ditentukan titik koordinat lokasinya. Koordinat masing-masing pemukiman di *overlay* dengan peta DAS Bone untuk memperoleh sebaran spasial pemukiman dan titik potensi energi listrik pada masing-masing subDAS.

Berdasarkan plot citra *Quickbirdh* di subDAS Bula pada koordinat 0°29'50.72"N dan 123°15'58.62"E, terdapat 144 buah rumah penduduk memanjang dari arah barat laut kearah timur laut sepanjang 2.235,46 meter. Jarak dari tempat bangunan PLTMH ke jaringan jalan adalah 88 meter. Kebutuhan daya listrik di tempat tersebut dapat dihitung sebagai berikut:

- Daya listrik 144 rumah = $144 \times 220 = 31.680$ watt, atau 31,68 KW.
- Kebutuhan listrik pembangkit = 450 watt
- Penerangan jalan = 500 watt
- Total kebutuhan daya listrik = 32.630 watt, atau 32,63 KW.

Daya listrik yang dapat dibangkitkan di Sungai Bula adalah 11,94 KW. Daya listrik yang tersedia tidak mampu memenuhi kebutuhan listrik di wilayah tersebut. Solusi yang dapat dilakukan adalah dengan membangun 4 buah PLTMH secara berderet di Sungai Bula. Buangan air dari pembangkit pertama menjadi energi penggerak bagi pembangkit kedua, dan seterusnya sampai pada pembangkit ke empat. Daya listrik yang dihasilkan masing-masing pembangkit di paralel pada suatu panel hubung yang dibuat khusus untuk paralel daya listrik dari generator. Daya listrik yang dihasilkan dari 4 buah PLTMH adalah $4 \times 11,94$ KW = 47,76 KW. Dengan daya terpasang 47,76

KW, kebutuhan daya listrik di wilayah subDAS Bula untuk 144 rumah dapat terpenuhi.

Di Desa Pinogu pada koordinat $0^{\circ}30'13.79''N$ dan $123^{\circ}25'45.07''E$, terdapat 472 rumah, 2 sekolah dan 1 mesjid. Kebutuhan listrik dapat dipasok dari PLTMH yang dibangun di Sungai Olama yang dapat membangkitkan energi listrik sebesar 20,76 KW. Dari dan Sungai Pinogu dan Sungai Lama yang berdekatan dengan Desa Pinogu dapat membangkitkan energi listrik masing-masing sebesar 10,75 KW, dan 26,11 KW. Total energi listrik yang dapat diperoleh dari ketiga sungai tersebut adalah sebesar 57,62 KW.

IV. 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 m³/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 m³/det.
2. Penerapan model analisis limpasan pada subDAS lain di DAS Bone dengan input hujan wilayah DAS Bone, diperoleh hidrograf debit aliran masing-masing sungai dengan debit minimum yaitu: di Sungai Wulo = 3 m³/det, di Sungai Tulabolo = 4 m³/det, di Sungai Matango = 1,25 m³/det, di Sungai Bulawa = 3,70 m³/det, di Sungai Bala = 5 m³/det, di Sungai Bone Hulu = 4,20 m³/det, di Sungai Butahu = 6 m³/det, di Sungai Dulamayo = 0,15 m³/det, di Sungai Lama = 1,25 m³/det, di Sungai MogiDaa = 4 m³/det, di Sungai Motomboto = 0,3 m³/det, di Sungai Olama = 7 m³/det, di Sungai Munalo = 0,2 m³/det, di Sungai Ulanta = 6,7

m³/det, di Sungai Buano = 8 m³/det, dan di Sungai Pinogu = 3 m³/det.

3. Sumberdaya listrik berdasarkan potensi aliran sungai dan ketinggian jatuh air pada masing-masing subDAS di DAS Bone adalah: di Sungai Bula = 12,04 KW, di Sungai Wulo = 7,17 KW, di Sungai Tulabolo = 9,11 KW, di Sungai Matango = 2,07 KW, di Sungai Bulawa = 8,02 KW, di Sungai Bala = 12,68 KW, di Sungai Bone Hulu = 10,03 KW, di Sungai Butahu = 16,54 KW, di Sungai Dulamayo = 0,14 KW, di Sungai Lama = 2,30 KW, di Sungai MogiDaa = 9,56 KW, di Sungai Motomboto = 0,33 KW, di Sungai Olama = 24,44 KW, di Sungai Munalo = 0,22 KW, di Sungai Ulanta = 16,50 KW, di Sungai Buano = 32,34 KW, dan di Sungai Pinogu = 6,84 KW
4. Sebaran potensi energi listrik berdasarkan kebutuhan pengguna/masyarakat di DAS Bone adalah: di subDAS Bula terdapat 144 buah rumah dengan kebutuhan daya listrik sebesar 32,63 KW. Kebutuhan energi listrik dapat menggunakan potensi PLTMH Sungai Bula sebesar 12,04 KW. Untuk memperbesar kapasitas daya listrik PLTMH dapat dilakukan dengan memperbesar ketinggian jatuh air (head), atau membangun beberapa PLTMH secara berderet di sepanjang aliran Sungai Bula. Di Desa Pinogu terdapat 472 rumah, 2 sekolah dan 1 mesjid. Kebutuhan listrik masyarakat di Desa Pinogu sebesar 107.600 KW, dapat dipasok dari PLTMH yang dibangun di Sungai Olama dengan potensi energi listrik sebesar 24,44 KW. Dengan membangun 5 buah pembangkit listrik secara berderet dapat dihasilkan energi listrik sebesar 122,22 KW.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sosrodarsono dan S. Takeda, 1978, Hidrologi Untuk Pengairan, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [2] 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 Gadjah Mada
- [3] USACE, 2000, Hydrologic Modeling System HEC-HMS, *Technical Reference Manual*, US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, California.
- [4] Soemarto, C.D., 1999, Hidrologi Teknik, Edisi kedua, Erlangga, Surabaya.
- [5] USDA NRCS, 2005, *National Engineering Handbook Section 4: Hydrology*, Washington DC, U.S.A.

Alamat Redaksi
Laboratorium Studio Lt. 2
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Tadulako
Palu, Sulawesi Tengah 94118

