

ANALISIS POTENSI SUMBER DAYA AIR SUNGAI DEME UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK DI DESA DEME 1 KECAMATAN SUMALATA GORONTALO UTARA

Firmansyah Kalapati

L. Kawet, T. Mananoma, F. Halim

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

email: mikelfirmansyah@gmail.com

ABSTRAK

Desa Deme 1 yang terletak di Kabupaten Gorontalo Utara Kecamatan Sumalata, belum memiliki jaringan listrik yang memadai. Adanya Sungai Deme yang terletak di desa Deme 1, memungkinkan dimanfaatkannya sungai sebagai potensi sumber daya air untuk menghasilkan energi listrik. Oleh sebab itu diperlukan studi untuk mengetahui keandalan debit sungai sehingga ketersediaan kapasitas daya dan jenis pembangkit listrik dapat diketahui.

Metode yang digunakan untuk menghitung debit adalah metode Mock, Nreca dan Sacramento sebagai metode pembanding. Data yang digunakan adalah data curah hujan daerah tahun 2003 - 2012, data evapotranspirasi tahun 2003 - 2012, dan peta DAS Sungai Deme. Dari data hasil perhitungan debit diambil debit andalan ($Q_{80\%}$) yang kemudian disajikan dalam bentuk grafik flow duration curve. Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan daya terbangkit.

Dari hasil penelitian diketahui bahwa Sungai Deme memiliki potensi untuk dijadikan sebagai pembangkit listrik. Berdasarkan perhitungan diperoleh Debit andalan $Q_{80\%}$ menggunakan metode Mock $0,25 \text{ m}^3/\text{detik}$, metode Nreca $0,22 \text{ m}^3/\text{detik}$, metode Sacramento $0,23 \text{ m}^3/\text{detik}$. Dan dari debit andalan metode Mock, daya yang dihasilkan sebesar $58,80 \text{ kW}$, dari debit andalan metode Nreca daya yang dihasilkan sebesar $51,74 \text{ kW}$, dan dari debit andalan metode Sacramento daya yang dihasilkan sebesar $54,10 \text{ kW}$. Dari hasil perhitungan daya tersebut, jenis pembangkit listrik diklasifikasikan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH).

Kata kunci: Debit andalan, Metode Mock, Nreca, dan Sacramento, PLTMH.

PENDAHULUAN

Gorontalo merupakan daerah yang kaya akan sumber daya air, karena di Gorontalo banyak sungai-sungai yang belum dimanfaatkan dengan baik. Seiring dengan makin pesatnya perkembangan laju pembangunan di daerah Gorontalo, semakin meningkat pula kebutuhan tenaga listrik yang menjadi salah satu energi penunjangnya.

Dengan kebijakan umum pemerintah dalam diversifikasi sumber energi dan pemanfaatannya secara optimal, sumber daya energi non migas serta dengan adanya potensi air di Gorontalo, hal ini merupakan pendorong yang kuat ke arah pengembangan pusat-pusat Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). Selain itu seperti yang diketahui bahwa di Gorontalo sering terjadi pemadaman listrik secara bergiliran.

Sehubungan dengan hal tersebut, maka perlu untuk mengangkat pemanfaatan potensi aliran sungai Deme di kecamatan sumalata kabupaten Gorontalo Utara provinsi Gorontalo untuk digunakan sebagai Pembangkit Listrik

Tenaga Air. Karena debit sungai dan topografi aliran sungai memungkinkan untuk hal itu, dengan desa terdekat yaitu desa Deme 1.

Sungai Deme saat ini hanya digunakan sebagai sumber air irigasi untuk beberapa petakan sawah, tambak ikan, dan obyek wisata alam. Sungai ini memiliki debit yang cukup besar melalui daerah dengan topografi bergunung-gunung.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang ini, permasalahan yaitu belum tersedianya data debit Sungai Deme, sehingga perlu menghitung besarnya debit sebagai informasi dan sumber data bagi yang membutuhkannya. Dengan demikian, perlu studi lebih lanjut mengenai sungai Deme yang berpotensi sebagai Sumber Daya Air bagi Pembangkit Listrik.

Batasan Masalah

Studi tentang pemanfaatan air sungai Deme untuk pembangkit listrik, hanya dibatasi pada:

1. Analisis potensi air sungai menggunakan metode *Mock, Nreca dan Sacramento* untuk mendapatkan debit bulanan.
2. Menghitung debit andalan 80%.
3. Menghitung besarnya daya teoritis yang dihasilkan dan mendapatkan grafik *flow duration curve*.

Tujuan Penelitian

1. Memperoleh besaran debit sungai di lokasi tinjauan.
2. Mengetahui besaran daya yang dihasilkan dari hasil analisis debit sungai

Manfaat Penulisan

1. Penulis : melalui penelitian ini penulis memahami langkah-langkah menganalisis potensi air sungai untuk Pembangkit Listrik.
2. Pemerintah : Penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi teknis buat pemerintah setempat sehingga bisa melihat potensi sungai Deme untuk Pembangkit Listrik.

LANDASAN TEORI

Siklus hidrologi merupakan proses kontinyu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi lagi. Air dari permukaan tanah dan laut menguap ke udara. Uap air tersebut bergerak dan naik ke atmosfer, yang kemudian mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik – titik air yang berbentuk awan. Selanjutnya titik air tersebut jatuh sebagai hujan ke permukaan laut dan daratan. Hujan yang jatuh sebagian tertahan oleh tumbuh-tumbuhan (intersepsi) dan selebihnya sampai ke permukaan tanah. Sebagian air hujan yang sampai ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) dan sebagian lainnya mengalir diatas permukaan tanah (aliran permukaan / *surface runoff*) mengisi cekungan tanah, danau, dan masuk ke sungai dan akhirnya mengalir ke laut. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir di dalam tanah (perkolasi) mengisi air tanah yang kemudian keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai. Akhirnya aliran air di sungai akan sampai ke laut. Proses tersebut berlangsung terus–menerus yang disebut siklus hidrologi (Triatmodjo, 2008).

Analisis Evapotranspirasi

Evapotranspirasi sangat erat berkaitan dengan kebutuhan air tanaman. Kebutuhan air

tanaman adalah sejumlah air yang dibutuhkan untuk mengganti air yang hilang akibat penguapan. Penguapan dalam hal ini meliputi penguapan dari permukaan air dan daun-daun tanaman. Bila kedua proses terjadi bersamaan, maka terjadilah evapotranspirasi yaitu gabungan dari proses penguapan air bebas (evaporasi) dan penguapan melalui tanaman (transpirasi).

Metode Penman

Metode Penman merupakan gabungan antara cara Aerodinamik dan Keseimbangan Energi. Cara aerodinamik didasarkan pada atas perbedaan kelembapan dan kecepatan angin, yang mempengaruhi laju pemindahan massa udara tersebut. Cara keseimbangan energi memiliki prinsip yaitu menghitung masukan dan keluaran energi.

Dalam praktek, baik cara aerodinamik ataupun cara keseimbangan energi jarang dapat sepenuhnya dipenuhi, sehingga diperlukan Persamaan gabungan yang pertama kali dikemukakan oleh Penman (Penman, 1948) :

$$E_{t0} = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} R_n + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} E_a \dots\dots(1)$$

Dimana :

E_{t0} = evapotranspirasi potensial (mm/hari)
 R_n = radiasi bersih yang dapat diterima di permukaan bumi (mm/hari)

$$R_n = R_A \times (0,18 + 0,55 \cdot \frac{n}{N}) \times (1-r) - \sigma \times T^4 \times (0,56 - 0,09\sqrt{e_a}) \times [0,10 + 0,90 \cdot \frac{n}{N}] \dots\dots(2)$$

R_A = radiasi extra matahari (mm/hari)
 n/N = durasi penyinaran matahari (%), data klimatologi

σ = konstanta Stefan Boltzmann = $2,01 \cdot 10^{-9}$ mm/hari

T = suhu udara rata-rata ($^{\circ}C$), data klimatologi

E_a = sinaran dari permukaan bumi

$$E_a = 0,35 \left(1 + \frac{U_2}{100} \right) (e_s - e_a) \dots\dots(3)$$

U_2 = kecepatan angin pada ketinggian 2 m diatas permukaan tanah (mil/hr), data klimatologi.

e_s = tekanan uap jenuh (mmHg), (*subramanya*, 1984)

$$e_s = 4,584 \exp \left[\frac{17,27T}{237,3+T} \right] \dots\dots(4)$$

e_a = tekanan uap aktual (mmHg)

$$e_a = e_s \times \frac{RH}{100} \dots\dots(5)$$

RH = kelembaban udara rata-rata (%)

γ = koefisien psikometrik 0,49 (mmHg/ $^{\circ}C$)

Δ = kemiringan kurva tekanan uap jenuh terhadap temperatur udara (mmHg/ $^{\circ}C$),

$$\Delta = \frac{4098es}{(237,3+T)^2} \dots\dots\dots(6)$$

Harga-harga ETo dari rumus penman menunjuk pada tanaman acuan apabila digunakan albedo 0,25 (rerumpunan pendek). Koefisien-koefisien tanaman yang dipakai untuk penghitungan ETC harus didasarkan pada Et₀ ini dengan albedo 0,25 (Direktoral Jenderal Sumber Daya Air, 1986)

Analisis Ketersediaan Air

Metode Mock

Secara umum analisis debit berdasarkan data curah hujan yang sering dilakukan di Indonesia adalah menggunakan metode empiris dari *Dr. F. J. Mock* (1973) yaitu analisis keseimbangan air untuk menghitung harga debit bulanan berdasarkan tranformasi data curah hujan bulanan, evapotranspirasi, kelembaban tanah dan tampungan air tanah.

Langkah-langkah perhitungan debit Metode *F. J. Mock* adalah :

1. Mempersiapkan data-data yang dibutuhkan, antara lain :
 - Rerata hujan daerah bulanan (Rb)
 - Evapotranspirasi potensial bulanan (Et₀)
 - Jumlah hari hujan bulanan(n)
 - Faktor resesi aliran tanah (k)
 - Angka koefisien infiltrasi
2. Menentukan evapotranspirasi terbatas (Et)

$$Et = Et_0 - (Et_0 \times (m / 20) \times (18 - n)) \dots\dots(7)$$
3. Menentukan besar hujan di permukaan tanah (Ds)

$$Ds = Rb - Et \dots\dots\dots(8)$$
4. Menentukan harga kelembaban tanah (SMC). Perkiraan kapasitas kelembaban tanah (*soil moisture capacity*) awal diperlukan pada saat dimulainya simulasi dan besarnya tergantung dari kondisi porositas (kemampuan menyerap air) lapisan tanah atas dari daerah pengaliran. Biasanya diambil 50 s/d 250 mm, yaitu kapasitas kandungan air dalam tanah per m³. Jika porositas tanah lapisan atas tersebut makin besar, maka kapasitas kelembaban tanah akan makin besar pula.
5. Menentukan infiltrasi (i), dengan koefisien 0,0 – 1,0
6. Asumsi nilai penyimpanan awal (initial storage)
7. Menentukan faktor resesi aliran air tanah (k)
8. Menentukan air lebihan tanah (*water surplus*)

$$WS = Ds - SS \dots\dots\dots(9)$$

9. Menentukan perubahan volume aliran air tanah (DVn) = faktor pantulan atau albedo

$$DVn = Vn - V_{n-1} \dots\dots\dots(10)$$

$$Vn = k \times V_{n-1} + \frac{1}{2} \times (1 + k) \times In \dots\dots(11)$$

10. Menentukan aliran dasar dan aliran langsung (DR)

$$DR = WS - In \dots\dots\dots(12)$$

11. Menentukan debit yang tersedia di sungai

Metode Nreca

Model *NRECA* dikembangkan oleh *NORMAN CRAN FORD* (USA,1985) untuk data debit bulanan yang merupakan model hujan-limpasan yang relatif sederhana, dimana jumlah parameter model hanya 3 atau 4 parameter. Cara perhitungan dengan metode *NRECA* ini, juga sesuai untuk daerah cekungan yang setelah hujan berhenti, masih ada aliran di sungai selama beberapa hari.

Langkah perhitungan metode NRECA dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Penentuan hujan rata-rata bulanan dan tahunan
2. Evapotranspirasi potensial (Et₀)
3. Tampungan kelengasan awal (W₀)
Menghitung nilai tampungan kelengasan awal / *moisture storage* (W₀). Jika dimulai pada musim kering maka untuk nilai tampungan awal adalah 10% dari *nominal*. Sedangkan pada musim hujan untuk nilai tampungan awal adalah 125% dari nilai nominal

4. Rasio Tampungan Tanah (Wi)

$$Wi = W_0 / \text{Nominal} \dots\dots(13)$$

5. Menghitung Rasio Rb / Et₀
6. Menghitung Rasio Ea / Et₀
Rasio Ea/Et₀ dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Ea = Kl \times Et_0 \dots\dots\dots(14)$$

Dimana :

- Kl = koefisien evapotranspirasi yang bergantung pada Rb/ Et₀ dan Wi
- Kl = Rb/ Et₀ (1-0,5xWi)+0,5xWi ; bila Rb/ Et₀ < 1 dan Wi < 2
- Kl = 1 ; bila Rb/ Et₀ > 1 atau Wi > 2
- Evapotranspirasi aktual (Ea)
- Ea = (Ea/Et₀) x Et₀ x koefisien reduksi... (15)

8. Neraca Air
Neraca air adalah selisih antara curah hujan rata-rata bulanan dan evapotranspirasi aktual.

$$\text{Neraca air} = Rb - Ea \dots\dots\dots(16)$$

9. Rasio kelebihan kelengasan (exrat) bergantung dari angka kandungan (*storage ratio*) yang didapat dari gambar atau dapat diperkirakan dengan persamaan regresi sebagai berikut :

- untuk $W_i \leq 0$, maka exrat = 0
- untuk $W_i > 0$, maka exrat = $0,5 \times [1 + \tanh(X)]$

Dimana :

$$X = (W_i - 1) / 0,52 \dots \dots (17)$$

i. Bila neraca air positif maka rasio tersebut diperoleh dengan memasukan nilai tampungan kelengasan tanah (W_i) atau dengan persamaan regresi.

ii. Bila neraca air negatif, rasio = 0

10. Kelebihan kelengasan (excm)

excm = rasio kelebihan kelengasan x neraca air

11. Perubahan tampungan (S)

S = neraca air – kelebihan kelengasan

12. Tampungan air tanah (Gws)

Tampungan air tanah = PSUB x kelebihan kelengasan

Dimana :

PSUB = parameter yang menggambarkan karakteristik tanah permukaan (kedalaman 0-2 m), nilainya 0,3 untuk tanah kedap air dan 0,9 untuk tanah lulus air.

13. Tampungan air tanah awal (Bgws)

Jika dimulai pada musim kering maka untuk nilai tampungan tanah awal adalah 5% dari nilai nominal. Sedangkan pada musim hujan untuk nilai tampungan awal adalah 40% dari nilai nominal.

14. Tampungan air tanah akhir (Egws)

tampungan air tanah + tampungan air tanah awal

15. Aliran air tanah

Aliran air tanah = GWF x tampungan air tanah akhir

Dimana :

GWF = parameter seperti PSUB tetapi untuk lapisan tanah dalam (kedalaman 2-10m)

GWF = 0,8 bila bersifat kedap air

GWF = 0,2 bila bersifat menyerap air

16. Aliran langsung (*direct run off*)

Aliran langsung (DR) = kelebihan kelengasan – tampungan air tanah..(3.28)

17. Aliran total

Aliran total = larian langsung + aliran air tanah

18. Debit (Q)

$$Q = (A \times \text{Aliran Total}) / t$$

Dimana :

A = Luas DAS

Metode Sacramento

Metode *Sacramento* digunakan untuk menghitung debit aliran dari masukkan data hujan dan evaporasi.

A. Deskripsi Proses Hidrologi

Model *Sacramento* menggunakan perhitungan lengas tanah (*soil Moisture*) untuk simulasi neraca air di dalam DAS. Zona Atas

Pada model *Sacramento* terdapat zona atas yang terdiri dari zona atas tidak lulus air dan zona atas lulus air. Hujan yang jatuh pada permukaan daerah aliran sungai yang tidak lulus air baik bersifat tetap atau sementara, akan menghasilkan aliran limpasan langsung ke sungai..

Apabila curah hujan melampaui laju perkolasi, maka kelebihan air bebas akan mengalir horizontal dalam bentuk *interflow*. Jumlah air bebas yang menjadi aliran *interflow* sebanding dengan tersedianya volume air yang melebihi laju perkolasi. Laju aliran *interflow* ke arah sungai dipengaruhi oleh koefisien drainase aliran keluar dari tampungan air bebas zona atas (*UZFW*)

$$Q_{interflow} = UZFC \times UZK \dots (18)$$

Dimana :

$Q_{interflow}$ = debit aliran *interflow*

UZFC = isi awal tampungan air bebas zona atas (*UZFW*)

UZK = koefisien drainase tampungan air bebas zona atas (*UZFW*).

Apabila curah hujan masih berlangsung terus hingga melampaui laju perkolasi dan kapasitas maksimum aliran *interflow*, maka tampungan air bebas zona atas (*UZFW*) akan terisi penuh sesuai dengan kapasitasnya, sehingga kelebihan air bebas akan bersatu dengan hujan yang masih turun untuk menjadi limpasan permukaan (*surface runoff*).

Zona Bawah

Pada zona bawah terdapat tiga tampungan penting untuk air perkolasi. Pertama adalah tampungan air bertegangan zona bawah, disebut *Lower Zone Tension Water (LZTW)*, yaitu tampungan yang mewakili volume air bebas yang dimanfaatkan oleh butiran tanah kering, ketika kelembaban mencapai kedalaman.

C. Perkolasi

Laju perkolasi dari zona atas ke zona bawah tergantung pada kebutuhan air dari tampungan di zona bawah. Kebutuhan zona bawah akan minimum apabila ketiga tampungan di zona bawah terisi penuh.

$$PERC_{min} = P_{BASE} = LZFP_{M} \times LZPK + LZFS_{M} \times LZSK \dots \dots (19)$$

Dimana :

LZFPM= kapasitas tampungan air bebas utama zona bawah (LZFP)

LZPK = kapasitas tampungan air bebas tambahan zona bawah (LZFS)

LZFMS= koefisien drainase aliran keluar dari tampungan air bebas utama zona bawah

LZSK = koefisien drainase aliran keluar dari tampungan air bebas tambahan zona bawah

Kenaikan tingkat perkolasi diatur oleh koefisien ZPERC yang bernilai > 1.

$$PERC_{max} = PBASE \times (1 + ZPERC) \dots (20)$$

Dimana :

PERC_{max} = tingkat perkolasi maksimum

ZPERC = koefisien tingkat laju kenaikan perkolasi

Apabila tampungan zona bawah mulai terisi air maka laju perkolasi akan menurun. Penurunan laju perkolasi akan meningkatkan kelembaban tanah secara eksponensial. Eksponensial tersebut di defenisikan sebagai REXP, maka perkolasi aktual yaitu :

$$PERC_{act} = PBASE \times (1 + ZPERC \times G) \dots (21)$$

Dimana :

$$G = (A/B) \times REXP \dots (22)$$

A = jumlah dari kapasitas dikurangi isi tampungan zona bawah

B = jumlah dari seluruh kapasitas zona bawah

Karena perkolasi dipengaruhi oleh ketersediaan air bebas di tampungan zona atas, maka perkolasi yaitu :

$$PERC = PERC_{act} \times (UZFC / UZFM) \dots (23)$$

Dimana :

PERC = perkolasi

UZFC = isi tampungan air bebas zona atas

UZFM = kapasitas tampungan air bebas zona

D. Aliran Dasar

Volume aliran dasar berasal dari tampungan air bebas utama dan tambahan pada zona bawah yang dipengaruhi oleh faktor drainase masing-masing tampungan. Jumlah aliran dasar (*baseflow*) dari air tanah yaitu :

$$QBASE = LZFC \times LZPK + LZFS \times LZSK \dots (24)$$

Dimana :

LZFC = isi tampungan air bebas utama zona bawah (LZFP)

LZFS = isi tampungan air tambahan zona bawah (LZFS)

E. Evaporasi

Evaporasi potensial terjadi di permukaan sungai, danau dan tumbuhan. Evapotranspirasi dari bagian lahan lainnya ditentukan oleh

banyaknya air yang berada pada tampungan air bertegangan zona atas (UZTW).

Evapotranspirasi actual EI yaitu :

$$Ea = Et_0 \times UZTC / UZTM \dots (25)$$

Dimana :

Et₀ = evapotranspirasi potensial

UZTC = isi tampungan air bertegangan zona atas (UZTW)

UZTM = kapasitas tampungan air bertegangan zona atas (UZTW)

Jika Ea < Eto, maka air akan diambil dari tampungan air zona bawah sebagai berikut :

$$E2 = (Et_0 - Ea) \times LZTC / (UZTM + LZTM) \dots (26)$$

Apabila evapotranspirasi terjadi melebihi nilai banding antara kapasitas tampungan air bebas dengan isi tampungan bertegangan pada tiap zona, maka air akan dialirkan dari tampungan bebas ke tampungan bertegangan sampai keseimbangan relatif tercapai.

Penetapan Debit Andalan

Debit andalan adalah debit minimum sungai dengan kemungkinan debit terpenuhi dalam persentase tertentu, misalnya 90%, 80% atau nilai persentase lainnya, sehingga dapat dipakai untuk kebutuhan pembangkitan.

Perhitungan debit andalan dapat dilakukan berdasarkan data debit hasil pencatatan pos duga muka air atau perhitungan data curah hujan. Apabila tersedia data debit secara lengkap baik dalam satuan waktu harian maupun satuan waktu bulanan yang tercatat selama setidaknya 10 tahun, maka dapat langsung dilakukan analisis dengan *flow duration curve*.

Tingkat keandalan debit tersebut dapat terjadi, berdasarkan probabilitas kejadian mengikuti rumus *Weibull*.

$$P = \frac{i}{n+1} \times 100\% \dots (27)$$

dimana :

P = Probabilitas terjadinya kumpulan nilai yang diharapkan selama periode pengamatan (%)

i = Nomor urut debit

n = jumlah data

Dengan demikian pengertian debit andalan adalah berdasarkan pada nilai debit yang mendekati atau sama dengan nilai probabilitas (P).

Teori Dasar Tentang PLTA

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah pusat pembangkit tenaga listrik yang mengubah potensi tenaga air menjadi tenaga

listrik. Ada dua faktor yang harus dipenuhi untuk membangun PLTA yaitu adanya tinggi terjun serta debit air yang cukup (Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Listrik Negara, 1986).

Berdasarkan Standar Perusahaan Umum Listrik Negara, Departemen Pertambangan dan Energi, No:064/DIR1986,tgl 13 september 1986, klasifikasi jenis Pembangkit Listrik Tenaga Air ditetapkan berdasarkan hasil perhitungan Daya Listrik (P) yang ditimbulkan oleh Debit (Q) dan Tinggi Perencanaan (H) serta Efisiensi Turbin (nt) dengan rumus sebagai berikut :

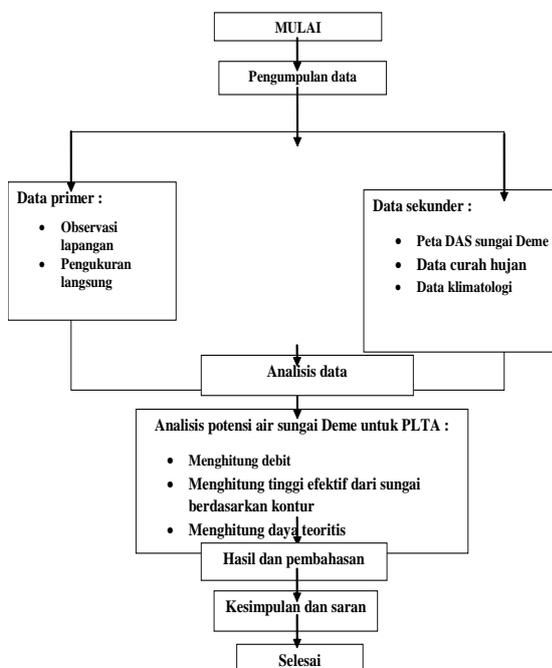
- Daya Teoritis (Pt) = 9,8 x Q x H....(28)
- Output PLTA (Pi) = 9,8 x Qx H x (nt x ng)...(29)

Dimana :

- Pt = daya teoritis (kW)
- Q = debit perencanaan (m3/dtk)
- H = tinggi perencanaan (m)
- nt = efisiensi turbin
- ng = efisiensi generator
- Pi = Daya output (kW)
- 9,8 = koefisien

METODOLOGI PENELITIAN

Bagan Alir Penelitian



ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Evapotranspirasi

Diketahui data Stasiun Klimatologi jalaluddin Gorontalo, Dari lampiran, R_A untuk bulan Januari adalah 14,8725 mm/hari,

T = temperatur udara = 26,9 °C

n/N = durasi penyinari matahari = 70,6

RH = kelembaban udara = 81,5

U_2 = kecepatan angin = 82,86

Penyelesaian :

Menghitung Tekanan Uap Jenuh (e_s)

$$e_s = 4,58 \exp \left(\frac{17,27 \times T}{237,3 + T} \right)$$

$$= 4,58 \exp \left(\frac{17,27 \times 26,9}{237,3 + 26,9} \right) = 26,6 \text{ mmHg}$$

2. Menghitung Tekanan Uap Aktual (e_a)

$$e_a = e_s \times RH$$

$$= 26,6 \times 81,5\% = 21,68 \text{ mmHg}$$

3. Menghitung Δ

$$\Delta = \frac{4098 e_s}{(237,3 + T)^2}$$

$$= \frac{4098 \times 26,6}{(237,3 + 26,9)^2} = 1,56 \text{ mmHg/}^\circ\text{C}$$

4. Menghitung R_n

$$R_n = 0,75 \times R_A \times \left(0,18 + 0,55 \frac{n}{N} \right) - \sigma T_k^4 \times \left(0,56 - 0,092 \sqrt{e_a} \right) \times \left[0,1 + 0,9 \frac{n}{N} \right]$$

$$= 0,75 \times 14,8725 \times (0,18 + 0,55 \times 70,6) - (2,01 \times 10^{-9}) \times (26,9 + 273,16)^4 \times (0,56 - 0,092 \sqrt{21,68}) \times (0,1 + 0,9 \times 70,6)$$

$$= 6,34 \text{ mmHg}$$

Dimana : σ = Konstanta Stefan Boltzman = $2,01 \times 10^{-9}$ mm/hari

T_k = Temperatur Udara ($^\circ\text{K}$), ($^\circ\text{K} = ^\circ\text{C} + 273,16$)

5. Menghitung E_a

$$E_a = 0,35 \times \left[1 + \frac{U_2}{100} \right] (e_s - e_a)$$

$$= 0,35 \times \left[1 + \frac{82,86}{100} \right] \times (26,6 - 21,68) = 3,15 \text{ mm/hari}$$

6. Menghitung E_{t0}

$$E_{t0} = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} R_n + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} E_a$$

$$= \frac{1,56}{1,56 + 0,49} 6,34 + \frac{0,49}{1,56 + 0,49} 3,15 = 5,58 \text{ mm/hari}$$

Dimana : $\gamma = 0,49$ (mmHg/ $^\circ\text{C}$)

7. Menghitung E_{t0} Untuk Bulan Januari

$$E_{t0} = E_{t0} \times \text{Jml Hari}$$

$$= 5,6 \times 31 = 172,98 \text{ mm/bln}$$

Analisis Debit Bulanan

Metode Mock

$$= (0,3 + (0,2 - 0,3) / ((83,33\% - 68,33\%) \times (80\% - 68,33\%)))$$

$$= 0,22 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Sehingga diperoleh debit 80% = 0,22 m³/dtk

3. Metode Sacramento

no	debit	banyaknya kejadian akumulatif	prosentase banyaknya kejadian akumulatif
1	>	0	100.00%
2	>	0.1	95.87%
3	>	0.2	86.67%
4	>	0.3	66.67%
5	>	0.4	45.00%
6	>	0.5	32.50%
7	>	0.6	26.67%
8	>	0.7	21.67%
9	>	0.8	20.00%
10	>	0.9	19.17%

Untuk debit 80% diinterpolasi melalui 86,67 % dan 66,67 % :

$$Q_{80\%} = (Q_{66,67\%} + (Q_{86,67\%} - Q_{66,67\%}) / ((86,67\% - 66,67\%) \times (80\% - 66,67\%)))$$

$$= (0,3 + (0,2 - 0,3) / ((86,67\% - 66,67\%) \times (80\% - 66,67\%)))$$

$$= 0,23 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Sehingga diperoleh debit 80% = 0,23 m³/dtk

Analisis Perhitungan Daya Listrik Teoritis (Pt)

- Debit Bulanan rencana Dengan Menggunakan Metode *Mock* (Q 80%) = 0,25 m³/det (hasil analisis dapat dilihat pada lampiran)
- Debit Bulanan rencana Dengan Menggunakan Metode *Nreca* (Q 80%) = 0,22 m³/det (hasil analisis dapat dilihat pada lampiran)
- Debit Bulanan rencana Dengan Menggunakan Metode *Sacramento* (Q 80%) = 0,23 m³/det (hasil analisis dapat dilihat pada lampiran)
- Tinggi Perencanaan (H) = 24 m (berdasarkan kontur rencana elevasi intake dan rumah turbin dapat dilihat dalam lampiran)

Hasil perhitungan Daya Teoritis (Pt)

➤Metode *mock*

$$Pt = 9,8 \times 0,25 \times 24 = 58,8 \text{ Kw}$$

➤Metode *nreca*

$$Pt = 9,8 \times 0,22 \times 24 = 51,74 \text{ Kw}$$

➤Metode *sacramento*

$$Pt = 9,8 \times 0,23 \times 24 = 54,1 \text{ Kw}$$

Parameter perhitungan daya terbangkit					Daya	
Efisiensi turbin (%)	Efisiensi generator (%)	Head (m)	Debit (m ³ /dtk)	Koefisien	terbangkit (kW)	
Pelton	85	80	24	0,22	9,8	35,19
Cross flow	80	80	24	0,22	9,8	33,12
Propeller	90	80	24	0,22	9,8	37,26
Francis	90	80	24	0,22	9,8	37,26

Ket :

- Debit yang dipakai adalah debit yang terkecil dengan hasil analisis metode *Nreca* sebesar 0,22 m³/dtk.
- Nilai efisien generator diambil 80% karena hasil kapasitas daya 10 – 120 kW

Pembahasan

1. Untuk perhitungan daya teoritis diambil debit yang terkecil dari ketiga metode tersebut sehingga diperoleh daya sebesar 51,74 kW. Hasil ini diperoleh dari parameter debit aliran sungai Q(80%) metode *Nreca*.
2. Dari hasil diatas, diperhitungkan faktor efisiensi turbin dan generator sehingga menghasilkan daya sebesar 37,26 kW. Hasil ini menunjukkan bahwa untuk Pembangkit Listrik yang akan direncanakan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro dengan daya kurang dari 50 kW dan jenis turbin yang digunakan adalah *Francis*.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Dari hasil analisis debit sungai Deme untuk pembangkit listrik dengan metode *Mock*, *Nreca*, dan *Sacramento*, dengan data curah hujan dari tahun 2003-2012 didapat Debit andalan Q(80%) metode *Mock* sebesar 0,25 m³/dtk, metode *Nreca* sebesar 0,22 m³/dtk dan metode *sacramento* 0,23 m³/dtk.
2. Berdasarkan hasil analisis debit andalan dengan metode *Mock*, daya yang didapat sebesar 58,80 kW, dari hasil debit andalan dengan metode *Nreca* daya yang didapat sebesar 51,74 kW dan dari hasil debit andalan dengan metode *Sacramento* daya yang didapat sebesar 54,10 kW. Dari ketiga metode diambil debit andalan 80% yang terkecil yaitu dengan metode *Nreca* yang menghasilkan daya sebesar 51,74 kW. Kemudian diperhitungkan faktor efisiensi turbin dan generator sehingga menghasilkan

daya sebesar 37,26 kW. Sehingga sumber daya air sungai deme memiliki potensi untuk dijadikan pusat Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro.

Saran

Hasil penelitian ini sebaiknya dapat disusun dalam Data Base Sungai dan dapat dilanjutkan untuk perencanaan bangunan sipil Pembangkit Listrik tenaga Mikro Hidro di lokasi penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Arismunandar dan S. Kuwahara.1975.*Teknik Tenaga Listrik Jilid I Pembangkitan dengan Tenaga Air*.Pradnya Paramitha, Jakarta, hal 1; 9-11
- A. Suriadikusumah.2007.*Analisis Curah Hujan Perhitungan dan Penggunaannya*, Rekayasa Sains, Bandung, hal 11; 12; 13
- Bambang Triatmodjo 2008.*Hidrologi Terapan*.Beta Offset,Yogyakarta hal 2;3
- C. Asdak.2010.*Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. UGM press, Yogyakarta hal 33; 34; 45; 46
- Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. 2009.*Pedoman Studi Kelayakan Hidrologi Buku 2A*. Jakarta, hal 14; 15
- Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. 2009.*Pedoman Studi Kelayakan Sipil Buku 2B*. Jakarta, hal 5-7; 9-13; 15-20
- Direktorat perguruan tinggi swasta. 1997.*Pengembangan Sumber Daya Air*.Jakarta, hal 7
- Direktorat Jendral Sumber Daya Air.1986.*Kriteria Perencanaan Bagian Jaringan Irigasi Kp – 01*. Jakarta, hal 34; 70; 73; 77
- Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi.2010. *Pedoman Studi Kelayakan pembangunan Mikrohidro*.Jakarta, hal 47
- E.M. Wilson.1993.*Hidrologi Teknik edisi keempat*. ITB. Bandung, hal 3
- H.L. Penman.1948, *Natural evaporation from open water, bare soil and grass*. B.A, Keen, Rothemsted Experimental Station,London, hal 125
- Indarto.2010.Hidrologi Dasar Teori dan Contoh aplikasi Model Hidrologi.Bumi Aksara.Jember, hal 234-238; 241
- L.M. Limantara.2010.*Hidrologi Praktis*.Lubuk Agung, Bandung, Hal 27; 206; 207; 208
- N. H. Crawford and S. M. Thurin.1981.*Hydrologic estimates for small hydroelectric projects*.Washington hal 30; 33; 35
- S. Sosrodarsono dan K. Takeda.2003, *Hidrologi untuk Pengairan*, Pradnya Paramitha, Jakarta, hal 19; 51
- Silvana L.L. Pangow.2010.Studi Neraca Air di Daerah Aliran Sungai Buyat.Tesis,Manado, Hal 26-32