

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN PANJANG DATA
DEBIT HARIAN TERHADAP POTENSI AIR PLTA MALEA**

***ANALYSIS THE EFFECT OF CHANGES DAILY DISCHARGE
LENGTH ON WATER POTENTIAL MALEA HYDROPOWER***

**DIAN LESTARI HI. LOLO
D111 16 016**



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2020**



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**

Jl. Poros Malino km. 6 Bontomarannu, 92172, Kab. Gowa, Sulawesi Selatan
☒ <http://civil.unhas.ac.id> ☒ civil@eng.unhas.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi pada Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Judul Tugas Akhir

**ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN PANJANG DATA DEBIT HARIAN
TERHADAP POTENSI AIR PLTA MALEA**

Disusun oleh

DIAN LESTARI HI. LOLO

D111 16 016

Telah diperiksa dan disetujui oleh dosen pembimbing

Pembimbing I

Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, MT

NIP: 196410201991031002

Pembimbing II

Dr. Eng. Bambang Bakri, ST, MT

NIP: 198104252008121001

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Sipil



Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, MEng

NIP: 196805292001121002

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Dian Lestari Hi. Lolo, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Analisis Pengaruh Perubahan Panjang Data Debit Harian Terhadap Potensi Air PLTA Malea**", adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Luwuk, 29 Mei 2020

Yang membuat
pernyataan,



Dian Lestari Hi. Lolo
D111 16 016

KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrahim,
Assalamualaikum Warahmatullah Wabarakatuh,*

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah *Subhanahu Wata'ala* yang telah memberikan rahmat dan karunia, serta atas izin-Nya lah sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Tinjauan Analisis Pengaruh Perubahan Panjang Data Debit Harian Terhadap Potensi Air PLTA Malea” ini.

Tugas Akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam menyelesaikan studi strata satu pada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Dalam proses penulisan Tugas Akhir ini, begitu banyak pembelajaran dan tantangan untuk penulis supaya bisa menyelesaikannya tepat pada waktunya. Membaca buku, artikel, maupun jurnal yang berkaitan, mencoba bertanya pada orang sekitar yang mengetahui tentang materi Tugas Akhir penulis ini, sampai mengulang untuk membuka kembali pembelajaran yang telah dilewatkan saat perkuliahan. Tidak kalah memberi pengalaman, dengan kondisi yang terbatas akibat adanya pandemi covid-19 saat penulis harus menyelesaikan Tugas Akhir ini, kesabaran juga keikhlasan penulis dilatih untuk terus berusaha dan tetap berserah diri sambil berperasangka baik pada Allah untuk hasilnya. Namun berkat dukungan, nasehat dan bantuan dari berbagai pihak, penulis pun mampu menghadapi dan menyelesaikannya.

Penulis berusaha membuat sebaik mungkin Tugas Akhir ini, namun penulis menyadari bahwa dalam penulisan masih banyak kesalahan dan kekurangan-kekurangan baik penyusunan kata maupun kalimat yang kurang sempurna, dan menyebabkan laporan ini jauh dari kata sempurna.

Dalam menyusun Tugas Akhir ini, tidak mungkin penulis dapat menyelesaikannya tanpa ada bantuan dan masukan dari berbagai pihak untuk segala kelancarannya. Oleh karena itu, penulis ucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya, antara lain kepada:

1. Almarhum Ayahanda tercinta, atas semua ingatan indah yang ada.
2. Ibunda tercinta dan juga saudara-saudari saya, atas kasih sayang dan atas bantuan serta dukungan baik secara moral maupun materi.
3. Bapak Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

4. Bapak Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng, selaku Kepala Departemen Teknik Sipil.
5. Bapak Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar., MT selaku pembimbing I, yang telah meluangkan waktu serta memberikan bimbingan, saran dan nasihat mulai dari awal penelitian hingga penyelesaian tugas akhir ini.
6. Bapak Dr. Eng. Bambang Bakri., ST., MT selaku dosen pembimbing II, atas segala kesabaran dan waktu yang diluangkan untuk memberikan bimbingan dan pengarahan hingga terselesainya penulisan ini.
7. Ibu Dr. Eng. Ir. Hj. Rita Tahir Lopa., MT selaku Kepala Laboratorium Hidrolika Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah mengawal dan membimbing penulis.
8. Bapak Ir. H. Amiruddin Basir dan Bapak Muhammad Yasser, ST, yang telah berkenan memberi izin, arahan, serta bantuan kepada penulis untuk melakukan pengambilan data Tugas Akhir ini pada saat mengikuti Kerja Praktek di proyek yang sedang berjalan.
9. Seluruh dosen, staf dan karyawan Fakultas Teknik Departemen Teknik Sipil Universitas Hasanuddin.
10. Saudara(i) mahasiswa Teknik 2016, Patron 2017, khususnya Mega, Tifa, Jordy, Bowo, Fajar, Arfin, dan Kak Faiz yang selalu kebersamai dan sangat banyak membantu juga menghibur selama proses perkuliahan, maaf dan terimakasih untuk semuanya.
11. Teman-teman pejabat teras OKFT-UH Periode 2019 dan pengurus HMS FT-UH Periode 2019, serta Asisten Laboratorium Hidrolika yang telah memberikan warna dalam kebermanfaatannya diperguruan tinggi saya.
12. Semua pihak yang namanya tidak dapat disebutkan satu per satu dalam kata pengantar ini, kalian tetap berkesan.

Mudah-mudahan Allah SWT membalas segala kebaikan yang telah penulis terima dari semua pihak yang telah membantu. *Aamiin*.

Akhirnya, semoga Tugas Akhir ini dapat membawa manfaat yang bagi penulis khususnya, dan kepada pembaca yang sudi kiranya memberikan kritik, saran, serta masukan atas ketidaksempurnaannya penyusunan Tugas Akhir ini.

Luwuk, Juni 2020

Dian Lestari Hi. Lolo

ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN PANJANG DATA DEBIT HARIAN TERHADAP POTENSI AIR PLTA MALEA

DIAN LESTARI HI. LOLO

D111 16 016

Mahasiswa S1 Departemen Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Jl. Poros Malino Km. 6

Bontomarannu, Gowa 92172, Sulawesi Selatan

Email: dianhiloloo@gmail.com

Pembimbing I : Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar., MT

Pembimbing II : Dr. Eng. Bambang Bakri., ST., MT

ABSTRAK

Indonesia dengan kondisi topografi dan iklim geografisnya mempunyai potensi yang sangat besar untuk pengembangan dan pemanfaatan sumber daya air. Untuk mengurangi pemakaian sumber daya alam tidak terbarukan (*unrenewable*), pengembangan potensi sumber daya air untuk memenuhi kebutuhan kelistrikan merupakan sumber daya alternatif yang harus mendapat perhatian khusus. PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) adalah prasarana yang dimaksudkan untuk mengembangkan potensi tenaga air agar dapat menjadi pemasok energi listrik terbarukan. Besar daya yang dihasilkan dari suatu PLTA berbeda-beda, dan ini disebabkan oleh beberapa faktor yang mempengaruhinya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan panjang data debit harian terhadap besar ketersediaan air untuk pembangkitan PLTA Malea dan perbedaan hasil perhitungan besar daya, energi terbangkitkan dan kehandalannya dengan menggunakan rentang data yang berbeda. Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan hasil analisa data dari tahun 1981-2019 dan dari data tahun 1994-2005.

Hasil perhitungan dari daya, energi terbangkitkan, dan kehandalan dari data 1981-2019 menunjukkan bahwa dengan besar daya output yang telah ditentukan PLTA Malea, ini dapat menghasilkan energi terbangkitkan senilai 274-382 GWh/th dengan kehandalan 53%-85%. Sedangkan, untuk data 1994-2005, PLTA Malea hanya dapat menghasilkan energi terbangkitkan sebesar 248-320 GWh/th dan dengan kehandalan 39%-71%.

Kata Kunci: debit, potensi air, daya, energi, kehandalan

ANALYSIS THE EFFECT OF CHANGES DAILY DISCHARGE LENGTH ON WATER POTENTIAL MALEA HYDROPOWER

DIAN LESTARI HI. LOLO

D111 16 016

*Undergraduate students of the Department of Civil Engineering
Hasanuddin University Faculty of Engineering
Jl. Poros Malino Km. 6
Bontomarannu, Gowa 92172, Sulawesi Selatan
E-mail: dianhiloloo@gmail.com*

ABSTRACT

Indonesia with its topographical conditions and geographical climate has enormous potential for the development and utilization of water resources. To reduce the use of non-renewable natural resources (unrenewable), the development of potential water resources to meet electricity needs is an alternative resource that must receive special attention. Hydroelectric Power Plant (Hydro Power Plant) is infrastructure intended to develop the potential for hydropower so that it can become a supplier of renewable electrical energy. The amount of power generated from a hydropower plant varies, and this is due to several factors that influence it.

This study aims to determine the effect of changes in length of daily discharge data on the amount of water availability for Malea Hydroelectric Power Plant and the differences in the calculation results of power, generated energy and reliability using different data ranges. This research was conducted by comparing the results of data analysis from 1981-2019 and from data from 1994-2005.

The calculation results of the power, generated energy, and reliability from the 1981-2019 data show that with the amount of output power that has been determined by PLTA Malea, this can produce generated energy worth 274-382 GWh / year with a reliability of 53% -85%. Meanwhile, for the 1994-2005 data, PLTA Malea can only produce 248-320 GWh / year of generated energy and 39% -71% reliability.

Keywords: discharge, water potential, power, energy, reliability

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Batasan Masalah	3
E. Sistematika Penulisan	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)	6
B. Potensi Air	8
B.1. Ketersediaan Air	10
B.2. Tinggi Jatuh Air (head).....	13
C. Plant Efficiency.....	13
D. Daya dan Energi Terbangkitkan	16
E. Penelitian Terdahulu	19
F. Kerangka Konsep Penelitian	23
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	24
A. Lokasi Penelitian	24
B. Instrumen Penelitian.....	25
B.1. Metode Pengumpulan Data	25
B.2. Metode Pengolahan Data	25
B.3. Diagram Alir Penelitian	27

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	29
A. Studi Skala Pembangkitan PLTA Malea.....	29
B. Hasil Analisa Data Debit.....	31
B.1. Hasil Analisa Data Debit Tahun 1994-2005	32
B.2. Hasil Analisa Data Debit Tahun 1981-2019	32
B.3. Perbandingan Hasil Analisa Data Debit	33
C. Hasil Analisa Potensi Air	36
C.1. Ketersediaan Air	37
C.2. Tinggi Jatuh Air (head)	40
D. Plant Efficiency.....	41
E. Daya dan Energi Terbangkitkan	41
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	44
A. Kesimpulan	44
B. Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA.....	46
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Skema Umum PLTA.....	5
Gambar 2. Rencana Lay-out dasar PLTA Malea	7
Gambar 3. Kerangka Konsep Penelitian.....	22
Gambar 4. Lokasi Penelitian.....	23
Gambar 5. Diagram Alir Penelitian.....	26
Gambar 6. Grafik Debit Harian Rata-rata (Data tahun 1994-2005).....	31
Gambar 7. Grafik Debit Harian Rata-rata (Data tahun 1981-2019).....	32
Gambar 8. Grafik Perbandingan Debit Harian Rata-rata.....	33
Gambar 9. Grafik Perbandingan Debit Rata-rata Bulanan.....	34
Gambar 10. Grafik Debit Rata-rata Tahunan (Data tahun 1981-2019).....	35
Gambar 11. Kurva Durasi Aliran PLTA Malea.....	36
Gambar 12. Neraca Air PLTA Malea (Data tahun 1981-2019).....	38
Gambar 13. Neraca Air PLTA Malea (Data tahun 1994-2005).....	39

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Penelitian Terdahulu.....	18
Tabel 2.	Studi Skala Pembangkitan PLTA Malea	28
Tabel 3.	Data Debit Harian Tahun 1981-1985.....	30
Tabel 4.	Data Debit Harian Tahun 1985-1990.....	30
Tabel 5.	Data Debit Harian Tahun 1991-1995.....	30
Tabel 6.	Data Debit Harian Tahun 1996-2000.....	30
Tabel 7.	Data Debit Harian Tahun 2001-2005.....	30
Tabel 8.	Data Debit Harian Tahun 2006-2011.....	30
Tabel 9.	Data Debit Harian Tahun 2012-2015.....	30
Tabel 10.	Data Debit Harian Tahun 2016-2019.....	30
Tabel 11.	Debit Rata-rata Bulanan.....	35
Tabel 12.	Persentase Nilai Ketersediaan Air PLTA Malea.....	37
Tabel 14.	Pebandingan Nilai Daya PLTA Malea.....	42
Tabel 15.	Studi Skala Pembangkitan PLTA Malea.....	43

BAB 1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Saat ini sebagian besar kebutuhan listrik nasional masih banyak bergantung pada energi *thermal* dan diesel terutama untuk wilayah di luar Pulau Jawa. Untuk mengurangi pemakaian sumber daya alam tidak terbarukan (*unrenewable*) serta menjaga lingkungan terhadap pencemaran akibat pembakaran bahan bakar minyak dan gas, pengembangan potensi sumber daya air untuk memenuhi kebutuhan kelistrikan merupakan sumber daya alternatif yang harus mendapat perhatian khusus.

Indonesia dengan kondisi topografi dan iklim geografisnya mempunyai potensi yang sangat besar untuk pengembangan dan pemanfaatan sumber daya air. Ini sejalan dengan kebijaksanaan pemerintah dalam hal penganeekaragaman energi, serta aman terhadap lingkungan, dan potensi tenaga air mendapatkan prioritas utama untuk dikembangkan lebih lanjut.

Dari tahun 1945 kebutuhan energi listrik nasional sebesar ± 157 MW kemudian meningkat menjadi ± 258 MW pada tahun 1955. Sepuluh tahun kemudian, kebutuhan ini meningkat hampir dua kalinya menjadi ± 460 MW. Tetapi peningkatan tersebut masih relatif kecil, bila dibandingkan dengan pertumbuhan kebutuhan sepuluh tahun berikutnya yaitu menjadi 1.129 MW pada tahun 1975, dan 3.935 MW pada akhir tahun 1983. Pada periode yang sama (1983), PT. PLN (Persero) telah melakukan studi potensi tenaga air untuk pembangkit tenaga listrik di seluruh Indonesia, meliputi 1.275 lokasi dengan total potensi sebesar ± 75.000 MW, namun demikian hingga pada saat ini potensi yang telah dimanfaatkan baru sekitar 21.000 MW. Melihat besarnya potensi tersebut, maka peluang untuk pengembangan tenaga air untuk pembangkitan tenaga listrik di Indonesia adalah masih cukup besar.

Salah satu potensi tersebut adalah pengembangan PLTA Malea yang memanfaatkan aliran dari Sungai Saddang. Pengembangan PLTA di

daerah Tana Toraja ini selain untuk melayani kebutuhan daerah sekitar proyek (Sulawesi Selatan), juga diharapkan dapat mendukung pelayanan kebutuhan tenaga listrik di seluruh Sulawesi, khususnya industri tambang yang tersebar di Sulawesi Selatan dan Tenggara. Sejalan dengan kebijakan pengembangan energi di atas, pertumbuhan kebutuhan energi dan tenaga listrik di daerah Sulawesi Selatan tercatat sangat tinggi $\pm 15\%$ per tahun. Maka, pengembangan PLTA Malea yang mempunyai debit rata-rata tahunan sebesar $\pm 95.7 \text{ m}^3/\text{det}$ dengan potensi daya listrik yang dapat dihasilkan sebesar lebih kurang $\pm 347 \text{ MW}$, merupakan bagian yang sangat penting dalam rangka merealisasikan kebijaksanaan tersebut di atas.

Dalam penelitian ini, penulis ingin mengkaji bagaimana panjang data akan mempengaruhi besar ketersediaan air untuk pembangkitan PLTA Malea, juga bagaimana perbedaan hasil perhitungan besar daya, energi terbangkitkan dan kehandalan dari pembangkitan PLTA Malea jika perencanaannya menggunakan data dengan rentang waktu yang berbeda.

Pada perhitungan potensi daya listrik suatu pembangkitan, tinggi jatuh air (*head*) dan debit pembangkitan adalah faktor yang sangat berpengaruh untuk menentukan daya listrik yang dihasilkan. Dari perencanaan yang dibuat oleh PT. Malea Hydropower, perhitungannya menggunakan data debit dari tahun 1994-2005, sedangkan dalam penelitian ini penulis menggunakan data debit dari tahun 1981-2019 untuk melihat perbedaannya. Maka dari uraian yang dikemukakan di atas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul:

**“ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN PANJANG DATA DEBIT
HARIAN TERHADAP POTENSI AIR PLTA MALEA”**

B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh perubahan panjang data debit harian terhadap besar ketersediaan air untuk pembangkitan PLTA Malea?
2. Bagaimana perbedaan hasil perhitungan besar daya, energi terbangkitkan dan keandalannya dengan menggunakan rentang data yang berbeda?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Menganalisa pengaruh perubahan panjang data debit harian terhadap besar ketersediaan air untuk pembangkitan PLTA Malea.
2. Mengevaluasi perbedaan hasil perhitungan besar daya, energi terbangkitkan dan keandalannya dengan menggunakan rentang data yang berbeda.

D. Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat berjalan efektif dan mencapai sasaran yang diinginkan maka penelitian dibatasi pada :

1. Data debit harian yang digunakan untuk perencanaan PLTA Malea yaitu data debit harian tahun 1994-2005, hasil pencatatan debit di Stasiun Rantepao.
2. Data debit harian yang digunakan pada penelitian ini yaitu data debit harian tahun 1981-2019, hasil pencatatan debit di Stasiun Malea.
3. Data debit yang diolah untuk perhitungan potensi daya yang dihasilkan, energi terbangkitkan, serta keandalan pembangkitan,

merupakan debit hasil pencatatan di Stasiun Malea, dekat bendung berada.

4. Untuk perhitungan ketersediaan air, pada penelitian ini digunakan debit andalan Q60 sesuai dengan saran dari Balai Besar Wilayah Sungai Tana Toraja dan PLN setempat.
5. Pengambilan air lainnya di aliran Sungai Saddang diabaikan.

E. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan disusun agar pembahasan lebih terarah dan tetap menjurus pada pokok permasalahan dan kerangka isi. Dalam tugas akhir ini sistematika penulisan disusun dalam lima bab yang secara berurutan menerangkan hal-hal sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang masalah, rumusan masalah, maksud dan tujuan penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan teori – teori dan tinjauan umum yang digunakan untuk membahas dan menganalisa tentang permasalahan dari penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang tahap demi tahap prosedur pelaksanaan penelitian serta cara pengolahan data hasil penelitian. Termasuk juga kerangka alir penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil analisis perhitungan data-data yang diperoleh dari hasil penelitian serta pembahasan dari hasil penelitian yang diperoleh.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

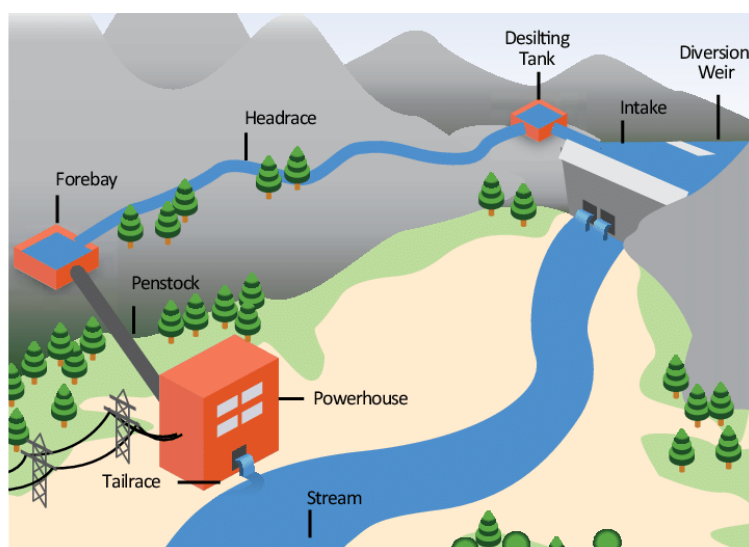
Bab ini akan menerangkan tentang kesimpulan beserta saran yang diperlukan untuk penelitian lebih lanjut dari tugas akhir ini.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah suatu pembangkit listrik dengan media kerja air. Secara umum, PLTA adalah mesin konversi energi yang terdiri dari bendung, *intake*, *headrace*, *penstock* (pipa pesat), *power house* dan *tailrace*. Dalam suatu sistem PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air), turbin merupakan suatu peralatan utama selain generator. Sistem kerjanya adalah dengan memanfaatkan arus aliran air dari sungai yang kemudian dibelokkan oleh *intake*, dan dialirkan pada suatu rangkaian pipa agar energi potensial air dapat diubah menjadi energi kinetik, sehingga pada akhirnya diubah kembali menjadi energi mekanis untuk menggerakkan atau memutar turbin, dan hal tersebut menyebabkan generator yang seporos dengan turbin dapat berputar, maka dengan proses yang terjadi tersebut induksi elektromagnetik yang menghasilkan energi listrik. (Wahyu Hidayat, 2019)

Secara umum, sistem PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:



Gambar 2. Skema Umum PLTA

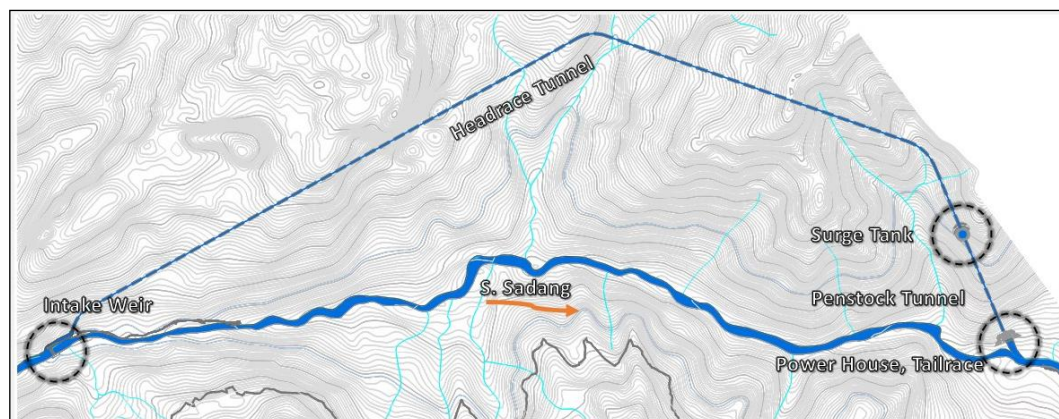
Menurut Winarko (2014), ia mengelompokkan Pembangkit Listrik Tenaga Air kedalam beberapa jenis. Seperti:

1. Berdasarkan kapasitas daya yang dihasilkan, PLTA dibedakan atas:
 - Mikrohidro : Daya yang dihasilkan < 100 kw
 - Minihidro : Daya yang dihasilkan 100 kw - 500 kw
 - PLTA skala kecil : Daya yang dihasilkan 500 kw - 10.000 kw
 - PLTA skala besar : Daya yang dihasilkan > 10.000 kw
2. Berdasarkan tinggi jatuhan air (*head*), PLTA dibagi menjadi :
 - PLTA dengan tekanan rendah, $H < 15$ m
 - PLTA dengan tekanan sedang, $15 \leq H \leq 50$ m
 - PLTA dengan tekanan tinggi, $H > 50$ m
3. Berdasarkan aliran air, PLTA dibagi menjadi :
 - PLTA jenis aliran sungai langsung (*run off river*)
 - PLTA jenis waduk (*reservoir*)
 - PLTA jenis pompa (*pumped storage*)

Pembangkit Listrik Tenaga Air pada dasarnya memanfaatkan energi potensial air (jatuhan air) yang berasal dari sungai. Pada penelitian ini, PLTA Malea termasuk kedalam PLTA berskala besar dan bertekanan tinggi, serta sistem PLTA yang digunakan adalah pembangkit listrik dengan tipe *Run Off River*.

PLTA *Run of River* (PLTA RoR) adalah suatu PLTA dengan sistem penggerak turbin menggunakan aliran sungai langsung, tanpa menggunakan tampungan bulanan (waduk). Aliran sungai dibelokkan dengan menggunakan bendung dan *intake* yang dibangun memotong sungai, air sungai kemudian diarahkan ke *power house* kemudian dikembalikan ke sungai kembali. (Henu Satya Aliputa, 2016).

Pada Gambar 2 berikut dapat dilihat *lay-out* dasar PLTA Malea yang merupakan salah satu contoh pembangkitan listrik dengan tipe *Run off River* (RoR).



Gambar 2. Rencana Lay-out dasar PLTA Malea

Komponen sistem PLTA Malea terdiri dari bangunan bendung (*Weir*), pengambilan (*Intake*), kolam penangkap pasir (*sandtrap*), *headrace tunnel*, *surge tank*, *penstock tunnel*, bangunan rumah pembangkit (*power house*), dan saluran pembuangan (*tailrace*). (Malea Hydropower Engineering, 2017)

B. Potensi Air

Pada PLTA, potensi dari tenaga air dikonversikan menjadi tenaga listrik dengan proses tertentu. Mula-mula tenaga air dikonversikan menjadi tenaga mekanik oleh turbin air, kemudian turbin air memutar generator yang membangkitkan tenaga listrik (Winarko. Zat, 2014).

Potensi air dapat diketahui dengan memperhitungkan ketersediaan air dari suatu aliran sungai untuk menjadi dasar perhitungan suatu pembangkitan. Dalam perencanaan suatu PLTA, potensi air ditentukan oleh besar debit dan tinggi jatuh air (*head*) dari aliran sungai tempat pengambilan air.

Pendekatan dan metodologi yang juga dapat digunakan untuk menentukan ketersediaan air atau debit andalan sangat tergantung pada ketersediaan data. Berikut adalah beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menentukan ketersediaan air.

- 1) Data yang diperlukan untuk analisis ketersediaan air adalah data debit tahunan, bulanan atau harian dengan periode pencatatan cukup panjang yaitu lebih besar dari 10 tahun untuk analisis harian, 20 tahun untuk analisis bulanan dan 30 tahun untuk analisis tahunan.
- 2) Untuk ketelitian yang lebih tinggi, sangat disarankan menggunakan data observasi harian dengan panjang data lebih besar dari 30 tahun. Data harus merupakan hasil rekaman pos duga air di lokasi bendungan atau dekat di sebelah hulu atau hilirnya.
- 3) Bilamana data yang tersedia sangat pendek lebih kecil dari 10 tahun, dan data curah hujan tidak tersedia atau perioda pengamatannya mendekati perioda pengamatan debit maka metoda yang dapat digunakan adalah metoda stohastik.
- 4) Bila data debit tersedia dalam perioda yang tidak panjang sedangkan data curah hujan yang ada pada DPS tersebut cukup panjang maka dapat digunakan metoda deterministic dengan model *rainfall-runoff* dimana data hujan yang panjang dikonversikan ke data debit dengan menggunakan model tersebut setelah melewati tahapan kalibrasi.

(P3 Sumber Daya Air Dan Konstruksi, 2017)

Potensi air yang dimaksudkan dalam suatu PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) yaitu besar daya yang dapat dihasilkan oleh pembangkitan itu sendiri. Persamaan yang biasa digunakan dalam menghitung besar daya yang dapat dihasilkan oleh suatu PLTA dapat dilihat pada Persamaan 1 berikut ini:

$$P = \gamma \times g \times H \times Q \times \eta_t \quad (1)$$

dimana :

P : Daya yang dapat dihasilkan (Watt)

γ : *Specific Gravity Air*

g : Percepatan gravitasi (m/det²)

Q : Debit dsain (m³/det)

H : *Head Effectif* (meter)

η_T : Efisiensi Keseluruhan

Dari persamaan diatas, maka diketahui bahwa terdapat beberapa parameter penentu dari besar daya yang dapat dihasilkan oleh suatu pembangkitan. Diantaranya yaitu besar ketersediaan air (debit), tinggi jatuh air (*head*), dan efisiensi dari pembangkitan (*plant efficiency*) tersebut.

B.1. Ketersediaan Air

Ketersediaan air biasanya diperlukan dalam studi pendahuluan proyek-proyek yang akan memanfaatkan air dari sungai. Tujuan analisa ketersediaan air untuk suatu PLTA adalah untuk memperkirakan ketersediaan air di sungai yang akan dipergunakan untuk melakukan simulasi pembangkitan energi untuk mengetahui potensi dan kehandalan PLTA.

Analisa ketersediaan air sendiri memerlukan data debit harian atau bulanan dengan panjang lebih dari 10 tahun. Dan untuk ketepatan yang lebih baik diperlukan data yang lebih panjang. Bila data debit tidak tersedia, maka bergantung kepada tersedianya data hujan, data debit dapat diperoleh dengan suatu model yang menghubungkan hujan dan limpasan (*runoff*). Persentase ketersediaan air dapat dihitung dengan persamaan Weibull seperti pada Persamaan 2, berikut ini.

$$P = m / (n+1) \times 100\% \quad (2)$$

dimana,

m : Peringkat data

n : Jumlah data

P : Probabilitas (%)

Debit merupakan jumlah volume air yang mengalir melewati suatu penampang melintang saluran atau sungai per satuan waktu. (SNI 6738:2015)

Data debit sungai diperoleh secara tidak langsung dari pengukuran. Pengukuran debit hanya memberikan kecepatan rata-rata aliran sungai dan luas penampang basah sungai. Maka, nilai besar debit dapat diperoleh dengan mengalikan kecepatan rata-rata dan luas. Seperti pada Persamaan 3 berikut ini.

$$Q = v.A \quad (3)$$

dimana,

Q : Debit (m^3/s)

V : Kecepatan rata-rata aliran (m/s)

A : Luas penampang basah sungai (m^2)

Data debit juga merupakan data dasar untuk analisa hidrologi. Data debit nantinya diperlukan dalam analisa ketersediaan air untuk skala pembangkitan suatu PLTA. (Malea Hydropower Engineering, 2017)

Didalam suatu perencanaan PLTA kita juga mengenal istilah debit rata-rata tahunan dan juga debit desain. Debit aliran rata-rata tahunan dapat memberikan gambaran potensi sumber daya air yang dapat dimanfaatkan dari suatu daerah aliran sungai. Sedangkan debit desain adalah debit yang dibutuhkan untuk pembangkitan dengan skala tertentu.

Dari pengertian tersebut dapat kita tuliskan persamaan dari debit rata-rata tahunan yaitu seperti pada Persamaan 4 berikut, dan debit desain dapat diketahui dengan Persamaan 5 berikut:

$$Q_{\text{rata-rata}} = \frac{Q_{\text{tahun1}} + Q_{\text{tahun2}} + Q_{\text{tahun-n}}}{n} \quad (4)$$

$$Q_{\text{desain}} = \frac{P_{\text{rencana}}}{H \cdot \eta_t \cdot g / 1000} \quad (5)$$

dimana,

- Q : Debit (m³/s)
 n : Banyak data
 P : Daya rencana (Watt)
 H : *Head Effectif* (meter)
 η_t : Efisiensi keseluruhan
 g : Percepatan gravitasi (m/det²)

Dalam perhitungan potensi air, ada juga yang disebut dengan debit maksimum dan minimum pembangkitan. Debit maksimum pembangkitan (*max flow*) yaitu batas atas besar debit yang dapat masuk ke pembangkitan dan dapat digunakan energinya dengan maksimum juga. Sebaliknya, debit minimum pembangkitan (*min flow*) yaitu batas bawah debit yang harus masuk ke pembangkitan agar turbin tetap dapat beroperasi dan dapat digunakan untuk menghasilkan energi.

Secara matematika, *max flow* dan *min flow* dapat dituliskan berurutan seperti pada Persamaan 6 dan Persamaan 7 berikut.

$$\text{Max flow} = \frac{P_{\text{rencana}}}{H \cdot \eta_t \cdot g / 1000} \quad (6)$$

$$\text{Min flow} = \text{Max flow} \times 0,35 \quad (7)$$

dimana,

- P : Daya rencana (Watt)
 H : *Head Effectif* (meter)
 η_t : Efisiensi keseluruhan

g : Percepatan gravitasi (m/det^2)

B.2. Tinggi Jatuh Air (*head*)

Tinggi jatuh air atau yang biasa lebih dikenal dengan istilah *head* dalam suatu PLTA adalah nilai dari selisih tinggi jatuh dari permukaan air pengambilan (*intake*) dan permukaan air di saluran bawah (*tailrace*). (Linsey, 1985:162)

Persamaan tinggi jatuh efektif adalah seperti pada Persamaan 8, sebagai berikut :

$$Heff = EMAi - TWL \quad (8)$$

dimana :

$Heff$: Tinggi jatuh efektif (m)

$EMAW$: Elevasi muka air *intake* (m)

TWL : *Tail Water Level* / Elevasi muka air disaluran bawah (m)

C. *Plant Efficiency*

Selain dari potensi air yang ditentukan oleh besar debit dan tinggi jatuh air (*head*) dari suatu aliran sungai tempat pengambilan air, terdapat beberapa hal yang juga mempengaruhi besar dari daya dan energi terbangkitkan di Skala Pembangkitan PLTA. Yang dimaksudkan yaitu mengenai efisiensi turbin, efisiensi generator, dan efisiensi total dari bangunan sipil secara keseluruhan.

Efisiensi secara umum menurut S.P. Hasibuan (1984) merupakan perbandingan yang terbaik antara *input* (masukan) dan *output* (hasil antara keuntungan dengan sumber-sumber yang dipergunakan), seperti halnya juga hasil optimal yang dicapai dengan penggunaan sumber yang terbatas. Dengan kata lain, hubungan antara apa yang telah diselesaikan.

Jika dikaitkan dengan PLTA tentu efisiensi memiliki makna yang berbeda, akan tetapi merujuk pada nilai yang sama. Efisiensi turbin sendiri merupakan suatu ukuran unjuk kerja atau performa suatu mesin turbin untuk menghasilkan suatu daya dimana perbandingan daya yang dihasilkan dengan kinerja mesin turbin. Untuk mengetahui besar efisiensi turbin, kita terlebih dahulu harus mengetahui bagaimana cara pemilihan jenis turbin yang akan digunakan dalam suatu pembangkitan. Pemilihan jenis turbin dapat ditentukan berdasarkan kelebihan dan kekurangan dari jenis-jenis turbin, khususnya untuk suatu desain yang sangat spesifik. Pada tahap awal, pemilihan jenis turbin dapat diperhitungkan dengan mempertimbangkan; (1). Faktor tinggi jatuhnya air efektif (*net head*) dan debit yang akan dimanfaatkan untuk operasi turbin merupakan faktor utama yang mempengaruhi pemilihan jenis turbin, sebagai contoh : turbin pelton efektif untuk operasi pada *head* tinggi, sementara turbin propeller sangat efektif beroperasi pada *head* rendah. Dan (2). Faktor daya (*power*) yang diinginkan berkaitan dengan *head* dan debit yang tersedia. Berikut dapat dilihat bagaimana pemilihan jenis turbin berdasarkan tinggi *head* yang ada pada pembangkitan.

Jenis Turbin	Variasi Head, meter
Kaplan dan Propeller	$2 < H < 20$
Francis	$10 < H < 350$
Pelton	$50 < H < 1000$
Crossflow	$6 < H < 100$
Turgo	$50 < H < 250$

Cara lain untuk mengetahui besar efisiensi turbin yaitu dengan menggunakan Persamaan 9 berikut ini:

$$\text{Efisiensi Turbin} = \frac{P_t}{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H} \quad (9)$$

dimana;

P_t : Daya turbin (*watt*)

ρ : Berat Jenis Air (1000 kg/m^3)

- Q : Debit Desain (m^3/s)
 g : Percepatan Gravitasi (m/s^2)
 H : Tinggi Jatuh Air (*head*, meter)

Pemilihan jenis turbin juga berdasarkan pada ketersediaan teknologi secara lokal dan biaya pembuatan/pabrikasi yang lebih murah. Jenis turbin yang digunakan pada studi pembangkitan PLTA Malea yaitu turbin jenis francis. Turbin yang dipergunakan pada perencanaan ini adalah francis dengan efisiensi sebesar $\pm 93\%$.

Setelah mengetahui besar efisiensi dari turbin, perlu pula diketahui besar dari efisiensi generator. Generator merupakan bagian terpenting dari sebuah pembangkit tenaga listrik yang akan mengkonversi energi keluaran turbin. Generator adalah suatu peralatan yang berfungsi mengubah energi mekanik menjadi energi listrik.

Pengertian efisiensi generator yaitu merupakan perbandingan antara daya keluaran dengan daya masukan generator. Daya masukan generator sama dengan daya yang dihasilkan oleh turbin, karena turbin dan generator dikopel dan bekerja bersama.

Efisiensi generator itu berkisar antara 0.85-0.95, tergantung dari tipe generator yang terpasang. Generator yang dipergunakan pada perencanaan ini memiliki efisiensi sebesar $\pm 94\%$. Cara lain untuk mengetahui besar efisiensi generator yaitu dengan menggunakan Persamaan 10, sebagai berikut :

$$\text{Efisiensi Generator} = \frac{P_{\text{aktual}}}{P} \times 100\% \quad (10)$$

dimana;

P_{aktual} : Daya aktual generator (Watt)

P : Daya nominal (Watt)

Selain dari efisiensi turbin dan generator, terdapat juga efisiensi total dari bangunan sipil secara keseluruhan yang akan mempengaruhi besar efisiensi total untuk menghitung daya dan energi terbangkitkan dari suatu PLTA. Untuk mengetahui besar efisiensi dari bangunan sipil secara keseluruhan perlu mempertimbangkan kehilangan energi yang terjadi pada aliran sebelum mencapai turbin, berapa besar debit aliran yang dibutuhkan untuk pemeliharaan ataupun pembersihan, dan juga faktor lainnya yang memungkinkan berkurangnya debit dari desain itu sendiri.

D. Daya dan Energi Terbangkitkan

Untuk memanfaatkan potensi air yang ditentukan oleh besar debit dan tinggi jatuh air (*head*) dari aliran sungai tempat pengambilan air, dan mengubahnya menjadi energi listrik, maka daya yang dihasilkan secara berurutan dapat dihitung dengan persamaan-persamaan berikut. Pertama, untuk mengetahui energi potensial aliran air yang ada kita dapat menghitungnya dengan Persamaan 11 berikut.

$$E = m g H \quad (11)$$

Kemudian, dengan E energi potensial air yang berada pada ketinggian H, m adalah massa air, dan g adalah gravitasi bumi. Maka, daya (P) dalam kW adalah energi per satuan waktu (t), jadi secara matematis dapat dituliskan seperti pada Persamaan 12 berikut.

$$\frac{E}{t} = \frac{mgH}{t} = P \quad (12)$$

Bila Q adalah debit air dan ρ adalah massa jenisnya, maka $\frac{m}{t} = \rho Q$, sehingga potensi daya air (P) yang mempunyai ketinggian H meter, dan jatuh mengalir dengan debit Q (m^3/s) adalah seperti pada Persamaan 13 berikut ini.

$$P = Q \rho g H \text{ (kW)} \quad (13)$$

Dengan ρ adalah massa jenis air dalam kg/m^3 , dan g adalah gravitasi bumi dalam m/detik^2 .

Dalam perhitungan daya untuk skala pembangkitan PLTA Malea, persamaan yang digunakan untuk menghitung potensinya yaitu seperti pada Persamaan 14 berikut ini:

$$P = \gamma \times g \times H \times Q \times \eta_T \quad (14)$$

dimana :

- P : Daya Yang Dapat Dihasilkan (Watt)
- γ : *Specific Gravity Air*
- g : Percepatan Gravitasi (m/detik^2)
- Q : Debit Desain (m^3/det)
- H : *Head Effectif* (meter)
- η_T : Efisiensi Keseluruhan

Besar energi listrik tahunan yang dihasilkan oleh PLTA Malea dapat dihitung dengan cara simulasi pembangkitan tenaga yang masukannya berupa data debit harian, kurva efisiensi turbin, debit pembangkitan maksimum dan kurva kehilangan tenaga.

Produksi energi tahunan dihitung berdasarkan tenaga andalan. Tenaga andalan dihitung berdasarkan debit andalan yang tersedia untuk pembangkitan energi listrik yang berupa debit *outflow* dengan periode n harian. (Arismunandar, 2005)

Setelah mengetahui besar daya yang dapat dihasilkan oleh pembangkitan, energi terbangkitkan dari pembangkitan tersebut juga dapat diperhitungkan. Untuk perhitungan energi terbangkitkan dapat menggunakan Persamaan 15 berikut ini:

$$E = P \times 24 \times n \quad (15)$$

dimana :

- E = Energi terbangkitkan (Wh/th)
- P = Daya Yang Dapat Dihasilkan (Watt)
- n = Banyak hari (1 tahun=365 hari)

Menurut hukum Termodinamika Pertama, energi bersifat kekal. energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan, tetapi energi dapat dikonversikan dari bentuk energi yang satu ke bentuk energi yang lain. Kemampuan suatu sistem untuk menghasilkan suatu pengaruh yang berguna bagi kebutuhan manusia secara positif disebut *availabilitas* (Pudjanarsa, 2006 dalam M. Woro, 2009).

Dalam pemanfaatan energi, tidak semua jenis energi yang tersedia sama dengan jenis energi yang dibutuhkan, untuk itu dibutuhkan proses konversi. PLTA merupakan salah satu sistem konversi energi dari energi air menjadi energi listrik. Arus air yang mengalir mengandung energi potensial (tekanan) dan energi kinetis (kecepatan). Saat aliran air dilewatkan turbin maka energi dari air akan diubah menjadi energi mekanik yaitu energi putar untuk memutar generator, dan pada generator diubah lagi menjadi energi listrik. (Menik Windarti,2014)

E. Penelitian Terdahulu

Penelitian-penelitian terdahulu mengenai pengaruh perubahan data terhadap potensi air disuatu pembangkitan PLTA telah banyak dilakukan seperti yang terdapat dalam Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

Nama	Judul	Metode	Hasil
Aida Ayu Sahanaya, Donny Harisuseno, Lily M Limantara (2014)	Pengaruh Panjang Data Terhadap Besaran Debit Banjir Pada Sub DAS Brangkal Kabupaten Mojokerto	Studi ini dilakukan di Sub DAS Brangkal Kabupaten Mojokerto dengan panjang data hujan 20 tahun. Data yang dibutuhkan adalah data hujan harian, AWLR jam-jaman, ARR jam-jaman, dan data fisik Sub DAS Brangkal. Metode perhitungan yang dilakukan adalah pengujian statistika, hidrograf satuan pengamatan metode Collins, dan analisa hidrograf banjir rancangan dengan metode hidrograf satuan sintetik Nakayasu	Hasil perhitungan debit banjir rancangan untuk setiap kala ulang panjang data pada lokasi studi ini menghasilkan Persamaan kuadratis tentang debit banjir rancangan per kala ulang yang menunjukkan semakin panjang data tidak menyebabkan debit banjir rancangan yang terjadi semakin besar. Adanya penambahan panjang data tidak mempengaruhi besaran debit banjir rancangan. Hal tersebut ditunjang dengan hasil pengujian statistika, menyatakan bahwa tidak ada pengaruh nyata antara panjang data dengan debit banjir rancangan.

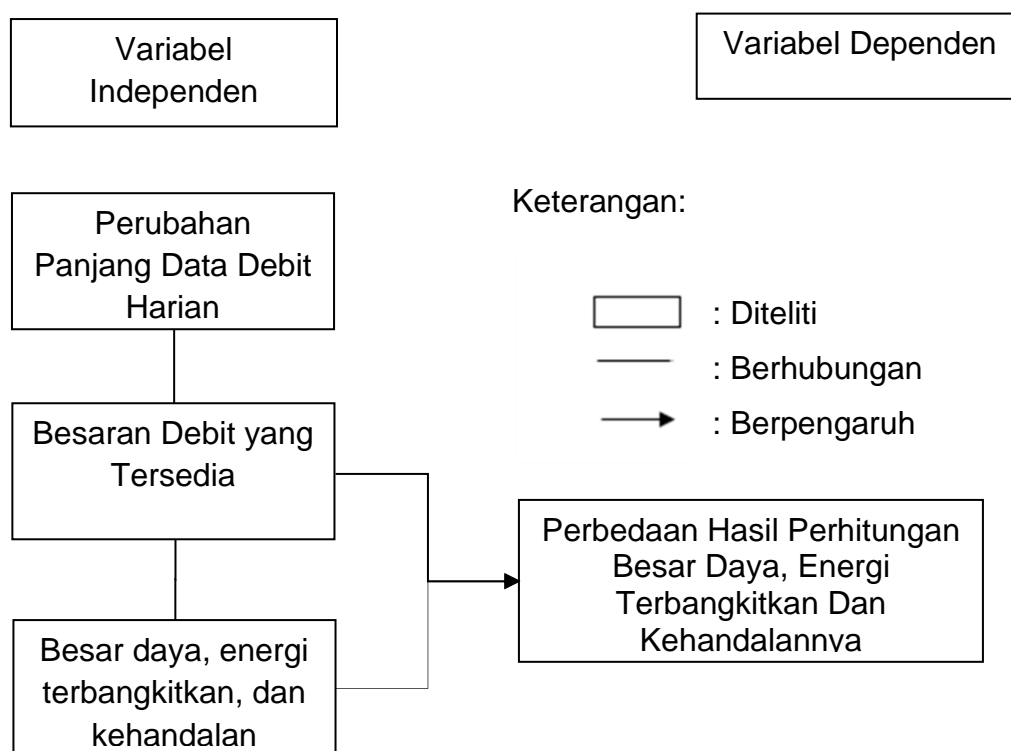
Nama	Judul	Metode	Hasil
		dengan kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, dan 1000 tahun pada variasi kelompok panjang data 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 tahun.	
Don Saefal Sarayar (2017)	Pengaruh Ketidakstabilan Debit Air Dan Curah Hujan Pada Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Pejengkolan Terhadap Produktifitas Energi Listrik Yang Dihasilkan	Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode diskriptif dengan pendekatan kuantitatif untuk mendiskripsikan data penelitian debit air dan curah hujan terhadap produktifitas energi listrik. Pengambilan data dilakukan pada ruang pembangkit dengan mengamati record/Rekaman data KWh dan debit air, sedangkan data curah hujan diperoleh dari catatan Dinas Pekerjaan Umum	Hasil penelitian menunjukkan bahwa debit air berpengaruh terhadap produktivitas energi listrik, semakin besar debit air maka semakin besar pula energi listrik yang dapat di hasilkan. Sedangkan curah hujan tidak berpengaruh secara langsung terhadap produktivitas energi listrik yang dihasilkan. Curah hujan yang tinggi tidak mesti meningkatkan produktifitas energi listrik pada PLTA Pejengkolan. Berdasarkan data penelitian pada PLTA Pejengkolan diperoleh data rata-rata debit air sebesar 8,1475 m ³ /detik yang dapat

Nama	Judul	Metode	Hasil
		(DPU) dilingkungan PLTA Pejengkolan.	menghasilkan energi listrik rata-rata sebesar 21,3781 KWh selama tahun 2014.
Menik Windarti (2014)	Potensi Debit Air Bendung Tegal Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Dan Irigasi Di Desa Kebonagung Dan Desa Sriharjo Kecamatan Imogiri Kabupaten Bantul	Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan menggunakan perhitungan pengukuran potensial air berdasarkan hukum Newton dan Persamaan Bernouli dan Efisiensi mikrohidro menurut Harvey.	Pemanfaatan air Bendung Tegal untuk sarana PLTMH dengan menghitung debit aliran yang akan menentukan potensi tidaknya air Bendung Tegal tersebut sebagai sarana PLTMH. Evaluasi irigasi menentukan imbangan tidaknya antara kebutuhan irigasi dengan ketersediaan debit air Bendung Tegal.
Isnugroho (2015)	Perilaku Hidraulik Pada Pengembangan Fungsi Bendung Gerak Serayu Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air	Studi kasus ini dilakukan dengan pemanfaatan bendung gerak Serayu di Jawa Tengah sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air dengan 4 unit turbin yang dipasang di sebelah kanan bendung. Penelitian yang didukung dengan	Berdasarkan penelitian ini bendung gerak Serayu yang membentang di aliran sungai Serayu dengan fungsi utama untuk memasok kebutuhan air irigasi dengan debit saluran maksimum sebesar 32 m ³ /s mempunyai potensi untuk digunakan sebagai pembangkit tenaga air. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan pada uji

Nama	Judul	Metode	Hasil
		<p>uji model hidraulik fisik ini bertujuan untuk mengetahui aspek pemanfaatan limpasan air sungai dan perilaku hidrolika, agar pengembangan fungsi ini tidak mengganggu fungsi utama bendung serta tidak membahayakan morfologi sungai.</p>	<p>model hidraulik fisik, perilaku hidrolika akibat beroperasinya turbin tidak mengganggu morfologi sungai. Aliran airnya tidak menghantam tebing sungai disebaliknya. Maka, setelah dilakukan sedikit modifikasi pada alinyemen tebing kanan di awal saluran pengantar, arus air yang menuju instalasi PLTM cenderung merata pada ke empat turbin. Dan secara garis besar bendung gerak Serayu dapat dikembangkan sebagai pembangkit listrik tenaga mikro disamping fungsi utamanya.</p>

F. Kerangka Konsep Penelitian

Kerangka konsep adalah suatu hubungan atau kaitan antara konsep satu terhadap konsep lainnya dari masalah yang ingin diteliti. Berdasarkan landasan teori yang telah diuraikan, maka pada bab ini peneliti menentukan kerangka konsep penelitian yang terdiri dari variable dependen dan variable independen. Variabel independen (variabel bebas) merupakan variabel yang menjadi sebab perubahan dari variabel dependen (terikat). Variabel independen dalam penelitian ini adalah data debit tahun 1981-2019. Sedangkan, variabel dependen dalam penelitian ini adalah data debit tahun 1994-2005. Kerangka konsep penelitian dapat ditunjukkan pada Gambar 3 di bawah ini:

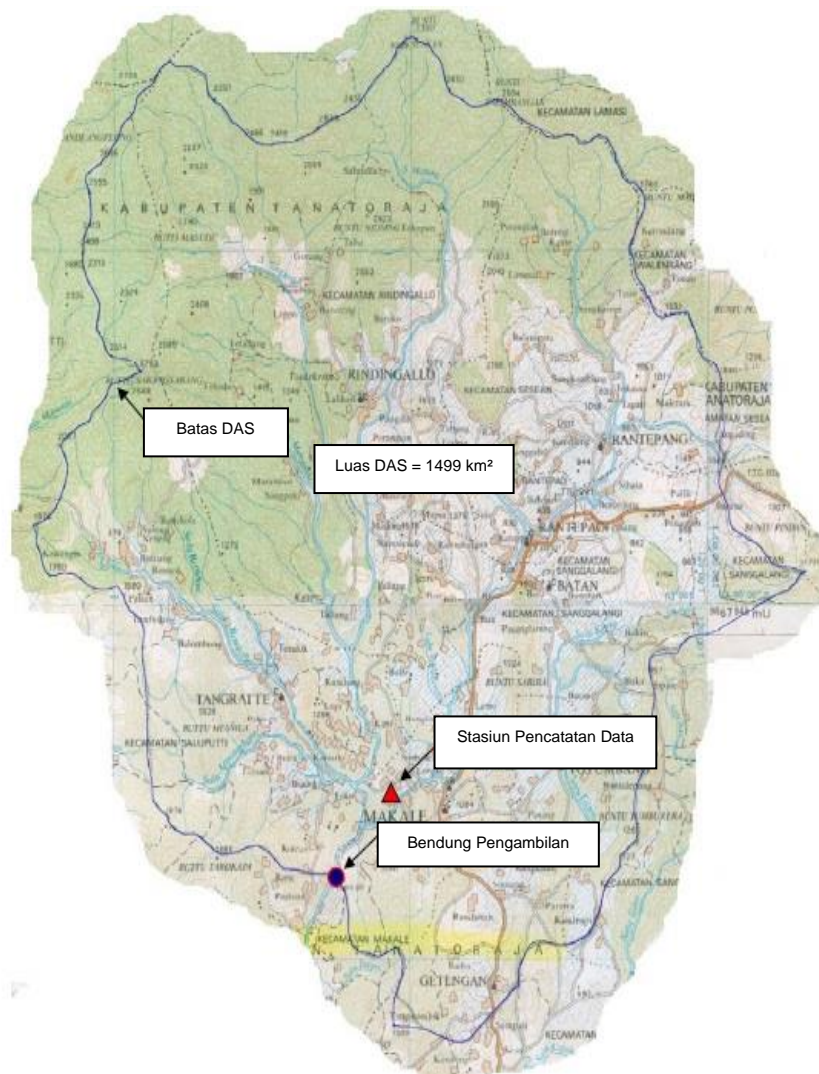


Gambar 3. Kerangka Konsep Penelitian

BAB 3. METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Makale Selatan, Kabupaten Tana Toraja, Sulawesi Selatan. Secara geografis, daerah studi terletak pada posisi $02^{\circ}30'00''$ - $3^{\circ}80'00''$ Lintang Selatan, dan $119^{\circ}20'00''$ - $120^{\circ}01'00''$ Bujur Timur. Data debit keperluan penelitian didapatkan dari pencatatan Stasiun Malea di DAS Malea. Jarak lokasi penelitian dari Kampus Teknik Universitas Hasanuddin, Gowa yaitu sekitar 302 km. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Lokasi Penelitian

B. Instrumen Penelitian

B.1. Metode Pengumpulan Data

Data keperluan penelitian yaitu debit tahun 1981-2019. Data ini didapatkan dari PT. Malea Hydropower, dengan izin langsung saat penulis berada di lokasi penelitian.

Pada penelitian ini, penulis menggunakan data debit yang lebih panjang rentangnya dibandingkan dengan data debit perencanaan yang digunakan sebelumnya. Data yang digunakan untuk analisa yaitu debit tahun 1981-2019. Sedangkan, pada perencanaan awal PLTA Malea data debit yang digunakan adalah data dari tahun 1994-2005.

Data debit harian yang didapatkan dari setiap tahunnya merupakan variabel-variabel yang akan dianalisis sebagai landasan untuk mengetahui hasil dari penelitian ini, kemudian dijadikan dasar dalam mengevaluasi hasil tinjauan, serta mengambil kesimpulan.

B.2. Metode Pengolahan Data

Untuk memudahkan dalam penyusunan tulisan studi/kajian, diperlukan metode pengolahan data, kerangka penulisan dan diagram alir penelitian sebagai acuan garis besar metode dan langkah – langkah kerja. Metode pengolahan data pada penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut :

a. Perhitungan Potensi Air untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air

Potensi air dapat diketahui dengan memperhitungkan ketersediaan air dari suatu aliran sungai untuk menjadi dasar perhitungan suatu pembangkitan. Dalam perencanaan suatu PLTA, potensi air ditentukan oleh besar debit dan tinggi jatuh air (*head*) dari aliran sungai tempat pengambilan air. Potensi air yang dimaksudkan dalam suatu PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) yaitu besar daya yang dapat dihasilkan oleh pembangkitan itu sendiri.