



## Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan (JITET)

Alamat Jurnal : <http://journal.eng.unila.ac.id/index.php/jitet>

# KAJIAN EFEKTIFITAS INVESTASI PEMBANGUNAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MINIHIDRO WAY SEKAMPUNG DARI SEGI OPERASIONAL KELISTRIKAN DAN FINANSIAL

E. Anggatar

PLN UPDK Bandarlampung, Jl. Raden Gunawan II No 4, Bandarlampung 35144

### INFORMASI ARTIKEL

*Received: 19 Februari 2021*

*Accepted: 28 Maret 2021*

*Published: 10 April 2021*

### Kata kunci:

Pembangkit Listrik  
Hydropowerplan  
Sistem Kelistrikan  
Investasi

### ABSTRAK

Prioritas penggunaan renewable energy yang murah untuk membangkitkan tenaga listrik dengan mengoperasikan PLTA yang ada di lampung seperti PLTA Besai (2x45 MW) dan PLTA Batu tegi (2x14 MW). Potensi ini bertambah dengan pembangunan Bendungan Way Sekampung merupakan Bendungan yang terletak di daerah Downstream dari PLTA batutegi yang eksisting dari tahun 2002. Perhitungan dari sisi Operasional kelistrikan serta finansial. Secara Operasional tambahan daya Pada sistem Akan menyumbang perbaikan pada Frequency di sistem Kelistrikan *sub-island* Lampung. Kontribusi terhadap sistem menjadikan *nominal Frequency* 95,2 % lebih besar dari standar Terendah sebesar 94 % *nominal under Frequency*. Asumsi Biaya Investasi awal yang digunakan mengacu pada portal hydro.org disebabkan belum ditemukan pembangkit dengan kapasitas sejenis di indonesia. *Revenue* diasumsikan dari Pola Operasi Pembangkit yang ada di upper stream yaitu PLTA Batu tegi dengan melakukan simulasi *Cashflow*. Dengan berbekal *revenue* Biaya Investasi awal, maka dapat disimulasikan *Benefit Cost Analysis*. Secara umum hasil dari finansial berupa Payback Periode(PP), Internal Investment Return(IRR), Net Present Value(NPV) dan *Profitability Index*(PI). Hasil perhitungan didapatkan Pay Back periode selama 3 tahun 4 bulan dengan Internal Investment Return (IRR) 22,32%, dengan mulai proyek pada akhir 2021 estimasi Plan akan selesai pada akhir 2023 sehingga Triwulan II 2028 Project mendapat nilai Kembali Investasi. Status Pelaksanaan pembangunan kembali mengacu pada Permen PUPR no. 9/PRT/M/2016 pasal 30 ayat 1 tentang penunjukan pelaksana pembangunan dalam hal memanfaatkan potensi sumberdaya air tersebut guna memastikan proyek dapat dilaksanakan.

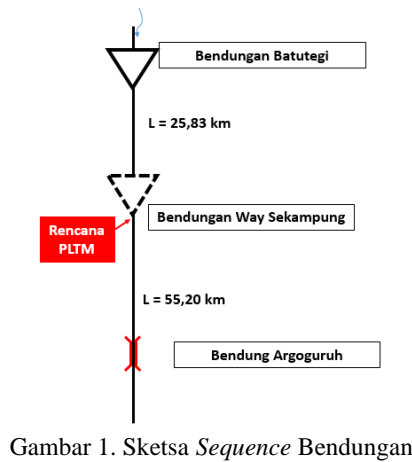
## 1. Pendahuluan

PLTA Batutegi merupakan pembangkit yang menggunakan air dari DAM Batutegi untuk menghasilkan listrik dengan kapasitas daya terpasang 2 x 14,3 MW. PLTA Batutegi berada dibawah koordinasi PT PLN (Persero) Unit Pelayanan Pengendalian Pembangkitan Bandar Lampung. PT PLN (Persero) Unit Pelayanan Pengendalian Pembangkitan Bandar Lampung memprioritaskan penggunaan renewable energy yang murah untuk membangkitkan tenaga listrik dengan mengoperasikan PLTA Batutegi. PLTA Batutegi  $\pm 4,04$  % dari kebutuhan listrik di wilayah Lampung (WBP Sistem Lampung saat ini  $\pm 813$  MW). Jika PLTA Way Sekampung ini dapat di realisasikan maka  $\pm 1,2$  % dari tambahan listrik di wilayah Lampung.

Selain PLTA Batutegi, PT PLN (Persero) Unit Pelayanan Pengendalian Pembangkitan Bandar Lampung juga mengelola beberapa pembangkit yaitu PLTA Besai, PLTD Tarahan, PLTD

Teluk Betung, PLTD Tegineneng, PLTG Tarahan dan PLTP Ulubelu. Seperti diketahui bersama bahwa biaya produksi PLTD dan PLTG saat ini relatif mahal karena BBM yang digunakannya juga mahal dan terbatas. Disamping itu Pembangkit-Pembangkit Termal tersebut usianya sudah cukup tua, sehingga keandalannya makin berkurang.

PLTA Batutegi pada Oktober 2002 untuk operasional dan pemeliharaannya ditangani langsung oleh pegawai PT. PLN (Persero) UPDK Bandarlampung. Bendungan Way Sekampung merupakan Bendungan yang terletak di daerah *Downstream* dari PLTA batutegi yang eksisting dari tahun 2002. Bendungan Way Sekampung dimaksudkan sebagai Regulating Dam yang berfungsi menjadi pengaturan Flow air yang dibutuhkan oleh sistem irigasi pertanian.



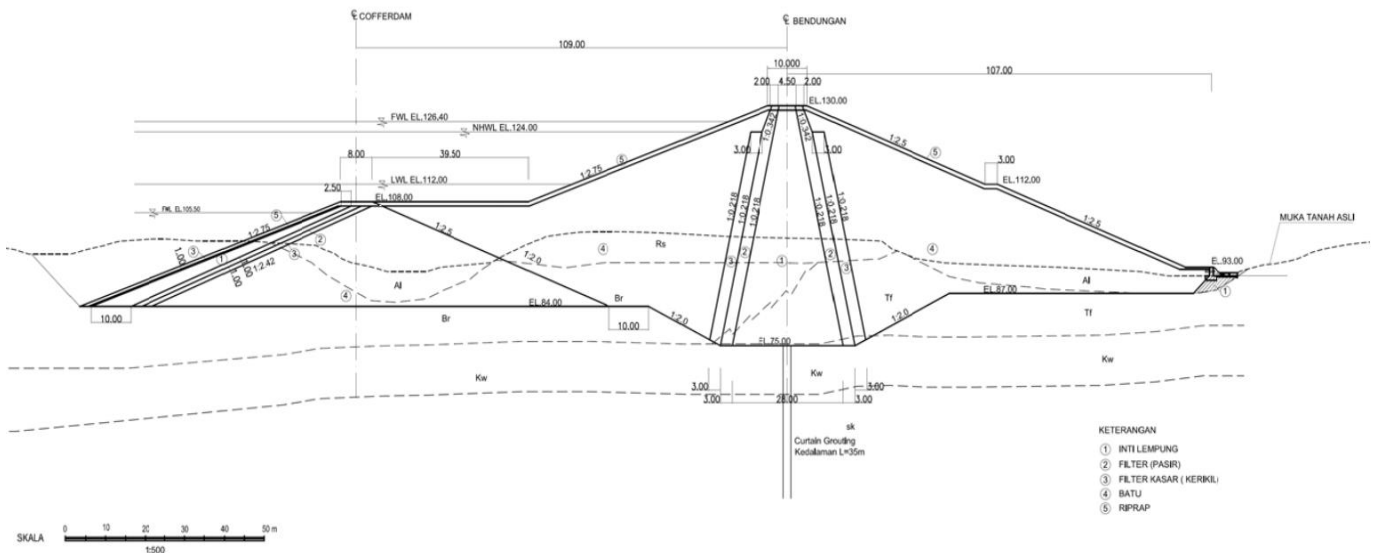
Gambar 1. Sketsa Sequence Bendungan

### 1.1. Objective Project

Pembangunan PLTA (Pembangkit Listrik Minihidro – Kapasitas 1-10 MW) Way Sekampung diperlukan untuk Memanfaatkan Debit outflow dari PLTA Batu tegi sehingga PLTA Batu tegi Dapat di Operasikan Secara Base Load sedangkan PLTA Way Sekampung yang akan Dibangun Sebagai Regulating Inflow yang dibutuhkan Oleh bendungan Argo Guruh menjadi Peaker Load saat beban dibutuhkan Sistem Kelistrikan Lampung.

Seperti pembangkit listrik pada umumnya, Pembangunan PLTA Way Sekampung mempunyai peralatan yaitu:

- ✓ Turbin air sebagai penggerak utama,
- ✓ Generator sebagai peralatan yang mengkonversi energy mekanik (putaran) menjadi energy listrik
- ✓ Trafo Utama Step Up 11/150 kV kapasitas  $\pm 7$  MVA untuk menaikkan tegangan dari tegangan keluaran generator ke tegangan system 150kV.
- ✓ Auxiliary Equipment sebagai Supporting Peralatan Utama.
- ✓ Gedung Power House sebagai Tempat Peralatan Utama PLTA.



Gambar 2. Tubuh Bendungan Way Sekampung

## 2. Metodologi

### 2.1 Pendekatan Nilai Cost Project

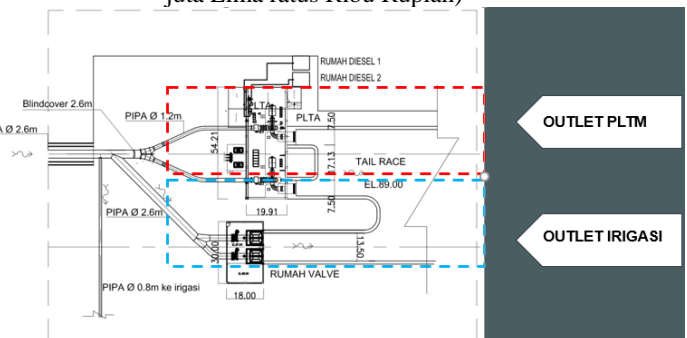
Perkiraan Proyek Pembangunan PLTA dengan 2 unit dengan Kapasitas 5 MW dihitung dengan pendekatan melalui Navigant study (tautan <https://Hydro.org>) pada table 1 dibawah ini.

**Tabel 1.** Installed Cost Of Hydro Powerplan (source <https://www.hydro.org/waterpower/why-hydro/affordable/> by Navigant Study)

Hydropower Technology	MW Range	Installed Cost (\$/kW)	Discussion
Conventional Hydro (impoundment)	50 (average)	\$1,000-\$5,000	A mature technology, conventional hydro falls at the lower end of the range of installed costs, particularly for upgrade project existing sites. New dams and greenfield sites are more expensive.
Microhydro	< 0.1	\$4,000-\$6,000	The installed cost for low-impact hydro systems is not expected to decline in the near term.
Run of River (diversion)	Approx. 10	\$1,500-\$6,000	Similar to conventional hydro, installed costs for run-of-river can vary widely.
Pumped Storage	>500	\$1,010-\$4,500	Traditional pumped storage is a proven technology and costs are not expected to decline going forward. The new underground pumped storage technology has been quoted at \$2,000/kW and cost declines can be expected going forward, if the concept proves itself.

Dengan Pendekatan Diatas maka Nilai Proyek dapat dihitung dengan sebagai berikut

Beban = 2 unit x 5.000 kW = 10.000 kW  
 Installed Cost = 3.000 \$/kW (nilai Tengah Atas pada Tabel 1 sebab Dam sudah termasuk pada Proyek PU)  
 Kurs Dollar (18 maret 2022): RP 14,336.30/ US Dollar.  
 Estimate Cost = Beban x Installed Cost x Kurs Dollar  
 = 10.000 kW x 3.000 \$/kW x Rp 14.336,30/\$  
 = Rp 430.089.500.000,- (Empat Ratus Tiga puluh satu Milyar Delapan puluh Sembilan juta Lima ratus Ribu Rupiah)



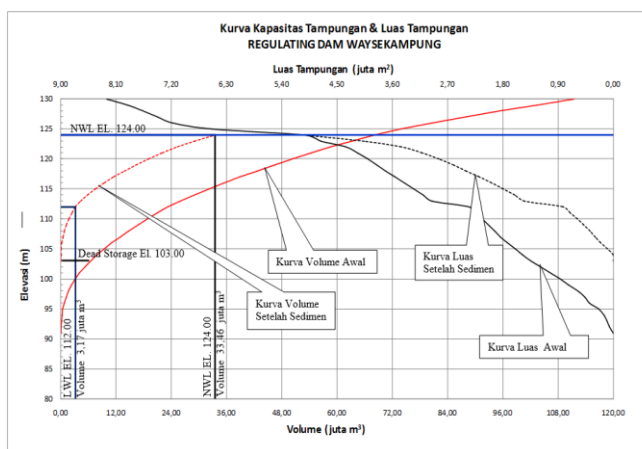
Gambar 3. Perencanaan Letak Bangunan PLTA

## 2.2 Evaluasi Data

Bendungan Way Sekampung merupakan Regulating DAM yang mulai dibangun sejak tahun 2017 oleh Kementerian PU sebagai Strategi Pemerintah dalam menanganin Pengairan sebagai Supporting Pertanian Provinsi Lampung. Perkiraan Debit yang dapat dikendalikan ditunjukkan dalam table 2 kesimpulan flow minimum yang dapat dimanfaatkan dari bendungan Way Sekampung 61% dari Flow Minimum PLTA Batu tegi.

**Tabel 2.** Data debit tahunan Bendungan Batutegi dan Way Sekampung

Bendungan	Maximum	Rata-rata	Minimum
Batutegi	776,33	537,39	236,00
Way Sekampung	859,08	439,37	114,39
JUMLAH	1635,41	976,76	350,39



**Gambar 4.** Kurva Kapasitas Tampung Vs Elevasi Dam

Dari data kurva diatas dapat diambil kesimpulan Head Operasi PLTA way sekampung pada 30 m (elevasi NWL(120m) kuang elevasi tail race (89m)), sedangkan Head Operasi PLTA Batutegi pada 90 m (elevasi NWL(260m) kurang elevasi tail race (160m)). Perbandingan Head dapat diperkirakan Energi Potensial yang dapat dimanfaatkan dari bendungan Way Sekampung 33,3% dari Head Rerata PLTA Batu tegi,

Way Sekampung merupakan Regulating DAM yang mulai dibangun sejak tahun 2017 oleh Kementerian PU sebagai Strategi Pemerintah dalam menanganin Pengairan sebagai Supporting Pertanian Provinsi Lampung. Perkiraan Debit yang dapat dikendalikan ditunjukkan dalam table 2 kesimpulan flow minimum yang dapat dimanfaatkan dari bendungan Way Sekampung 61% dari Flow Minimum PLTA Batu tegi. Pembangunan PLTA Way Sekampung dapat difungsikan menjadi Peaker Load Sehingga Diharapkan PLTA Batu tegi kelak menjadi Pembangkit dengan operasional Base Load. Dari perbandingan header maka estimate Daya terpasang pada beban > 5 MW (14.5 MW x 33.33%).

## 3. Hasil dan pembahasan

### 3.1 Analisis Operasional Sistem Kelistrikan Lampung

Proyek Pembangunan PLTA dengan 2 unit dengan Kapasitas 5 MW dihitung dengan pendekatan Supporting Sistem Kelistrikan Island Lampung berkontribusi sebesar 1,2 % (WBP Sistem Lampung saat ini  $\pm$  813 MW). Secara Umum Tambahan daya Pada sistem Akan menyumbang perbaikan pada Frequency, jika di konversi kedalam Frequency sistem additional frequency sebesar 0,6 Hertz ( $10\text{MW}:813\text{MW}=x:50\text{hertz}$ ).

PROTECTION RELAY-G1B2  
 Maker: Beckwith , Type: M-3425A , Rating: AC110V 5A 50Hz , S/N: 7632  
 W.No.BJ0220P1

Dev.No	81 (81) UNDER/OVER FREQUENCY			
81HHGB	SETTING VALUE			
81HGB	#1			
81LLGB	#3			
81LLLGB	#4			
	Pickup : 51.60 Hz	Pickup : 47.40 Hz	Pickup : 47.00 Hz	Pickup : 47.00 Hz
	Time Delay : 1000 cycles	Time Delay : 1000 cycles	Time Delay : 1000 cycles	Time Delay : 1000 cycles
	Relay output : 1&16 (1: for 86G, 16: for DCIS alarm)	Relay output : 1&17 (1: for 86G, 17: for DCIS alarm)	Relay output : 1&18 (1: for 86G, 18: for DCIS alarm)	Relay output : 1&19 (1: for 86G, 19: for DCIS alarm)
	Block input : 1(52G)	Block input : 1(52G)	Block input : 1(52G)	Block input : 1(52G)
	#2	#3	#4	
	Pickup : 51.00 Hz	Pickup : 47.40 Hz	Pickup : 47.00 Hz	Pickup : 47.00 Hz
	Time Delay : 1000 cycles	Time Delay : 1000 cycles	Time Delay : 1000 cycles	Time Delay : 1000 cycles
	Relay output : 15 (2: for Aux. Ry)	Relay output : 1&18 (1: for 86G, 18: for DCIS alarm)	Relay output : 1&19 (1: for 86G, 19: for DCIS alarm)	Relay output : 1&20 (1: for 86G, 20: for DCIS alarm)
	Block input : 1(52G)	Block input : 1(52G)	Block input : 1(52G)	Block input : 1(52G)
	#1	#2	#3	#4
	Pickup Test : 51.590 Hz	Pickup Test : 50.994 Hz	Pickup Test : 47.415 Hz	Pickup Test : 47.016 Hz
	Setting Value : 51.60 Hz	Setting Value : 51.00 Hz	Setting Value : 47.40 Hz	Setting Value : 47.00 Hz
	Judgment Value : 51.58~51.62Hz	Judgment Value : 50.98~51.02Hz	Judgment Value : 47.38~47.42Hz	Judgment Value : 46.98~47.02Hz
	Time Test : 20.011 s	Time Test : 20.005 s	Time Test : 20.016 s	Time Test : 0.217 s
	Setting Value : 20 s	Setting Value : 20 s	Setting Value : 20 s	Setting Value : 0.2 s
	Judgment Value : 19.8~20.2s	Judgment Value : 19.8~20.2s	Judgment Value : 19.8~20.2s	Judgment Value : 0.16~0.24s
	Result : Good	Result : Good	Result : Good	Result : Good

**Gambar 5.** Setting Under Frequency pada Pembangkit (standar ANSI 81 R perihal Under Frequency)

Dengan Setting Under Frequency stage 1 sebesar 47,40 Hz berarti 94.8 % (dalam satuan persen) serta Under Frequency stage 2 sebesar 47 Hz berarti 94 % adalah nominal Frequency terendah yang dapat diterima Sistem Kelistrikan. Tambahan frequency sebesar 0,6 Hertz akan berkontribusi terhadap sistem menjadikan nominal Frequency 95,2 % lebih besar dari standar Terendah sebesar 94 % nominal Frequency. Start Up Pembangkit PLTA yang relatif cepat sehingga dapat mendukung kehandalan Sistem saat terjadinya Black Out (Nama, 2016).

### 3.2 Perkiraan Produksi Tahunan PLTA Way Sekampung

Project Revenue pada pekerjaan Pembangunan PLTA Way Sekampung ini adalah diasumsikan dari Realisasi Pengusahaan PLTA Batutegi tahun 2019 dengan relisasi CF 60% dengan mengkombinasi data Bagian 2.2. Dari tabel 3 didapatkan perkiraan Revenue tahunan yang didapat dari pengoperasian PLTA Way sekampung berkisar 105,12 GWh sekitar Rp263.870.210.166,- pertahun dengan asumsi rerata beban PLTA 2 x 3 MW dengan CF minimal 60 % Selama 1 tahun. Dengan Membandingkan Produksi Tahunan UPDK Bandarlampung sekitar 1.968 GWh (tahun 2020) maka Tambahan Produksi yang dihasilkan PLTA way Sekampung sebesar 5.34 % (105,12:1.968 GWh) terhadap Produksi Netto UPDK Bandarlampung.

Dari tabel 3 didapatkan perkiraan Revenue tahunan yang didapat dari pengoperasian PLTA Way sekampung berkisar sekitar Rp 263.870.210.166,- pertahun dengan asumsi setara beban PLTA 2 x 3 MW. Cash flow yang didapatkan dari operasi PLTA Batutegi dikalikan estimate perbandingan beban antara Way Sekampung dengan Batutegi (2 x 3MW / 2 x 7 MW). Asumsi lain yang di pakai adalah suku bunga sebesar 19% dan Suku bunga Reinvest sebesar 12,5 %.

**Tabel 3.** Prakiraan Kalkulasi Produksi PLTA Way sekampung

Netto	Jan-19	Feb-19	Mar-19	Apr-19	May-19	Jun-19
PLTA BTG #01	5.062.178	1.126.909	415.237	3.514.318	2.165.094	3.384.745
PLTA BTG #02	819.485	113.894	204.370	3.525.146	3.271.536	4.022.106
Production Flow Real	51.892.997	53.133.800	53.753.406	60.792.870	66.229.500	73.636.351
Biaya Pemeliharaan						
Cash flow Real	Rp 61.078.057.522,81	Rp 62.538.482.594,49	Rp 63.267.759.244,90	Rp 71.553.208.056,61	Rp 77.952.121.955,02	Rp 86.669.984.965,60
ASUMSI 2x6 MW	8.928.000	8.064.000	8.928.000	8.640.000	8.928.000	8.640.000
Cash flow Estimated PLTA Way sekampung REAL Batutegi 2019 x (operasi 2x3MW/ 2x14.5MW)	Rp 12.636.839.487,48	Rp 12.938.996.398,86	Rp 13.089.881.223,08	Rp 14.804.112.011,71	Rp 16.128.025.232,07	Rp 17.931.721.027,37
Produksi per tahun(Mwh)						
Summary 1 Tahun Operasi						

Netto	Jul-19	Aug-19	Sep-19	Oct-19	Nov-19	Dec-19
PLTA BTG #01	6.814.118	6.635.494	8.752.391	7.722.461	6.276.935	4.507.583
PLTA BTG #02	7.212.877	4.552.244	8.553.331	7.553.662	6.071.055	3.023.126
Production Flow Real	87.663.346	98.851.084	116.156.806	131.432.929	143.780.919	151.311.628
Biaya Pemeliharaan						(5.951.462.764)
Cash flow Real	Rp 103.179.758.172,51	Rp 116.347.726.047,94	Rp 136.716.560.695,03	Rp 154.696.557.562,67	Rp 169.230.142.057,54	Rp 172.142.323.592,66
ASUMSI 2x6 MW	8.928.000	8.928.000	8.640.000	8.928.000	8.640.000	8.928.000
Cash flow Estimated PLTA Way sekampung REAL Batutegi 2019 x (operasi 2x3MW/ 2x14.5MW)	Rp 21.347.536.173,62	Rp 24.071.943.320,26	Rp 28.286.184.971,38	Rp 32.006.184.323,31	Rp 35.013.132.839,49	Rp 35.615.653.157,10
Produksi per tahun(Mwh)						105.120,00
Summary 1 Tahun Operasi						Rp 263.870.210.165,75

### 3.3 Benefit Cost Ratio

Manfaat (benefit) proyek yang dihitung diatas adalah keuntungan produksi kWh unit pembangkit dengan rata-rata pembebanan 2 x 3 MW untuk PLTA way Sekampung dan 2 x 7 MW untuk PLTA Batutegi selama 1 tahun. Perhitungan ini tidak diambil menggunakan beban maksimal unit pembangkit. Dengan perhitungan pembebanan di atas Pay Back periode selama 3 tahun 4 bulan, dengan mulai proyek pada akhir 2022 estimasi Plan akan selesai pada akhir 2024 sehingga Triwulan II 2028 Project mendapat nilai Payback. Selain yang terukur di atas juga terdapat manfaat lain yang tidak terukur secara finansial seperti citra perusahaan terhadap keandalan unit pembangkit, Fuel Mix yang lebih baik dan Pemanfaatan Energi Baru terbarukan. Asumsi lain yang diambil pada proyek ini adalah pekerjaan membutuhkan waktu 2 tahun dikarenakan DAM tidak termasuk scope pekerjaan, sehingga jika pekerjaan dimulai akhir 2021 maka revenue mulai dapat diperoleh pada akhir tahun 2 2023 (Gambar 6 dibawah tahun 2025 revenue sudah mulai diperoleh).

### PENGADAAN PLTA WAY SEKAMPUNG (2 x 5 MW)

<b>Investasi</b>	<b>421.051.500.000</b>	<b>PERSYARATAN KELAYAKAN INVESTASI</b>	
<b>Usia Ekonomis</b>	<b>25 Tahun</b>	<b>ARR</b>	<b>Payback</b>
<b>Suku bunga</b>	<b>19,00%</b>	45%	5 Tahun
<b>Suku bunga re-invest</b>	<b>12,50%</b>		

<b>DATA AKTIVA</b>		<b>Pilih salah satu metode penyusutan</b>	
<b>Harga Perolehan</b>	421.051.500.000	1. Garis Lurus	<b>Pilihan Anda:</b> Garis Lurus
<b>Nilai Sisa</b>	0	2. Angka Tahun	
<b>Umur Ekonomis</b>	25 Tahun	3. Saldo Menurun	

<b>ALIRAN KAS</b>			
Keterangan	EAT	Depresiasi	Cash Inflow
Tahun ke-0	0	0	-421.051.500.000
Tahun ke-1	0	16.842.060.000	16.842.060.000
Tahun ke-2	21.989.184.180	16.842.060.000	38.831.244.180
Tahun ke-3	263.870.210.166	16.842.060.000	280.712.270.166
Tahun ke-4	263.870.210.166	16.842.060.000	280.712.270.166
Tahun ke-5	263.870.210.166	16.842.060.000	280.712.270.166

Apakah Anda akan menampilkan penilaian investasi dengan berbagai kriteria? ☒ Ya ☐ Tidak

1	Average Rate of Return (ARR)	77,29%	LAYAK
2	Payback Period (PP)	3 Tahun 4 Bulan	LAYAK
3	Internal Rate of Return (IRR)	22,32%	LAYAK
4	Modified IRR (MIRR)	19,69%	LAYAK
5	Net Present Value (NPV)	24.528.235.033	LAYAK
6	Profitability Index (PI)	1,06	LAYAK

Gambar 6. Perhitungan kajian investasi Pengadaan Investasi PLTA Way Sekampung

### 4. Kesimpulan

Potensi tambahan  $\pm 1,2\%$  Supply listrik di wilayah Lampung PLTA Way Sekampung ini dapat di realisasikan. Perkiraan kontribusi PLTA Way Sekampung terhadap sistem menjadikan 95,2 % nominal Frequency lebih besar dari standar Terendah sebesar 94 % nominal Frequency (bagian 3.1). Kajian Kelayakan Operasi seperti yang dijelaskan diatas, maka dapat disimpulkan bahwa Pengadaan PLTA Way Sekampung sangat penting untuk memaksimalkan pengoperasian pembangkit PLTA Batutegi dan mempunyai availability dan reliability yang tinggi serta operasi dan maintenance yang tidak rumit. Proyek investasi Pengadaan PLTA Way Sekampung secara **Operasi dan Finansial Layak**

untuk dilaksanakan dengan mempertimbangkan tambahan kehandalan pada Sistem dan Kemampuan Start Up yang relative cepat. Pay Back periode selama 3 tahun 4 bulan dengan Internal Investment Return (IRR) 22,32%, dengan mulai proyek pada akhir 2021 estimasi Plan akan selesai pada akhir 2023 sehingga Triwulan II 2028 Project mendapat nilai Kembali Investasi. Status Pelaksanaan pembangunan kembali mengacu pada Permen PUPR no. 9/PRT/M/2016 pasal 30 ayat 1 tentang penunjukan pelaksana pembangunan dalam hal memanfaatkan potensi sumberdaya air tersebut guna memastikan proyek dapat dilaksanakan.

#### Ucapan terima kasih

Terimakasih atas dukungan pada Penulis untuk Atasan serta rekan kerja di PLN UPDK Bandarlampung. Bapak dan ibu dosen pengajar pada Program Studi Program Profesi Insinyur Fakultas Teknik Universitas Lampung yang telah membekali penulis dengan ilmu, bimbingan, arahan, dan motivasi selama mengikuti perkuliahan. Teman-teman satu Angkatan VII Program Studi PPI Universitas Lampung.

#### Daftar pustaka

- Bidang Perencanaan Umum Dan Program BBWS Mesuji Sekampung (2020) Potensi Pembangkit Listrik di Bendungan Way sekampung, Paparan *Balai Besai Wilayah Sungai Mesuji Sekampung*.
- Marsudi, D. (2006) Operasi Sistem Tenaga Listrik, *Graha Ilmu*, Jakarta.
- Mulyono, P. (2020) Ekonomi Teknik, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Nama, G. F., & Despa, D. (2016, October). Real-time monitoring system of electrical quantities on ICT Centre building University of Lampung based on Embedded Single Board Computer BCM2835. In *2016 International Conference on Informatics and Computing (ICIC)* (pp. 394-399). IEEE.
- Navigant study (tautan <https://hydro.org>)
- Sukandarrumidi., Kotta, H. Z., Wintolo, D. (2015), *Energi Terbarukan*, Konsep dasar menuju kemandirian Energi, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.