

**ANALISA KEEKONOMIAN TARIF LISTRIK UNTUK
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA FTI UII 5 kWp**

DENGAN

METODE *LIFE CYCLE COST* (LCC)

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu persyaratan
mencapai derajat Sarjana S1



Disusun oleh:

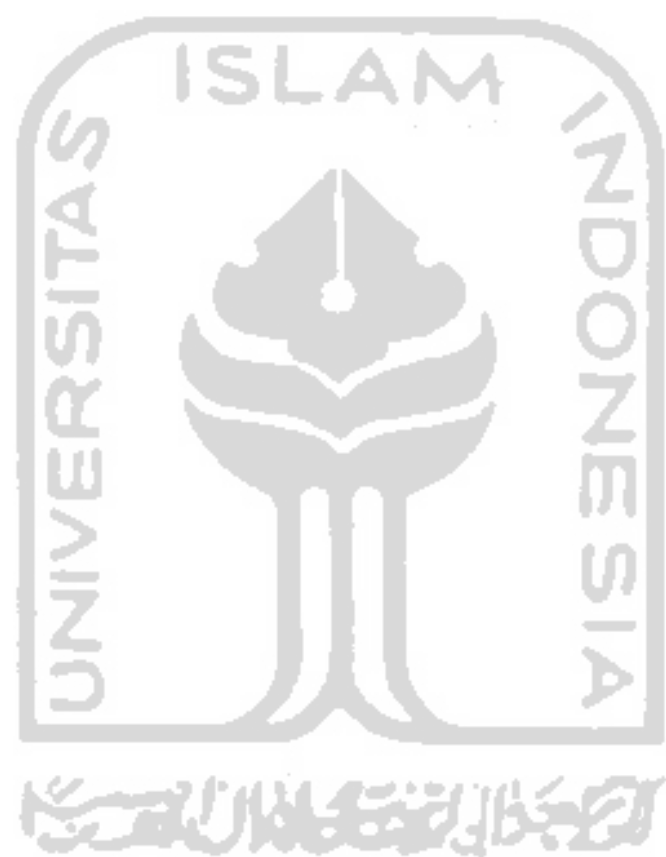
Arief Rian Danu

16524047

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta**

2020





PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan Saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Skripsi terkait paten maka akan diskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.

Sampit, 9 Agustus 2020



Arief Rian Danu

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum. Wr. Wb.

Alhamdulillah puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, petunjuk, kelancaran, dan kesehatan yang diberikan-Nya sehingga dapat menyusun dan laporan tugas akhir yang berjudul “**Analisa keekonomian tarif listrik untuk pembangkit listrik tenaga surya 5 kWp FTI UII dengan metode *Life Cycle Cost (LCC)***” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro pendidikan Strata satu (S1) Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Tak lupa pula shalawat beserta salam penulis panjatkan kepada junjungan kita, yaitu Nabi Muhammad SAW yang syafa'atnya selalu dinantikan hingga akhir zaman nanti.

Dengan segala kerendahan hati, penulis sadar bahwa segala hal tidak ada yang sempurna kecuali Allah SWT tuhan semesta alam, begitupun laporan ini tidak mampu diselesaikan secara sempurna atas ketidakmampuan penulis pribadi, sehingga dalam proses penulisan ini. penulis mendapatkan berbagai bantuan serta dukungan dari banyak pihak. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua, Ibu Yusmainar, dan Ayah Kamijo atas doa dan dukungannya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Setyawan Wahyu Pratomo, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah membimbing dan memberikan bantuan pikiran serta materi sehingga penulis mampu menyelesaikan laporan tugas akhir.
3. Bapak Yusuf Aziz Amrullah, S.T., M.S.c., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Medilla Kusriyanto, ST, M.Eng. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
5. Seluruh dosen Jurusan Teknik Elektro, terimakasih atas bimbingan selama kuliah dari awal semester hingga akhir di Jurusan Teknik Elektro.
6. Keluarga besar Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia pada umumnya dan khususnya angkatan 2016, terima kasih atas bantuan, kenangan, dan kesolidaritasnya selama kuliah ini.

7. Teman-teman Kontrakan bu siti dan teman-teman Simisquad yang selalu mendukung, memberikan semangat dan memberikan ilmunya selama kuliah dan dalam pengerjaan tugas akhir.
8. Dan banyak pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan, yang telah membantu penulis dalam pengerjaan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Maka dari itu penulis berharap agar ada saran dan kritik yang membangun, guna memperbaiki penulisan selanjutnya. Harapan penulis semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk semua pihak, Aamiin. Tidak lupa, penulis memohon maaf apabila dalam penulisan laporan tugas akhir ini masih banyak terdapat kesalahan-kesalahan dikarenakan keterbatasan yang dimiliki penulis baik dari segi pengalaman maupun pengetahuan.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Sampit, 9 Agustus 2020

Arief Rian Danu

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
PLTS	Pembangkit Listrik Tenaga Surya
FTI	Fakultas Teknologi Industri
UII	Universitas Islam Indonesia
kWp	Kilo Watt Peak
GW	Giga Watt
kWh	Kilo Watt Hour
AC	<i>Alternating Current</i>
DC	<i>Direct Current</i>
LCC	<i>Life Cycle Cost</i>
LcoE	<i>Levelized Cost of Energi</i>
NPV	<i>Net Present Value</i>
PBP	<i>Pay Back Periode</i>
IRR	<i>Internal Rate of Return</i>
PI	<i>Profitability Index</i>
Rp	Rupiah
PLN	Perusahaan Listrik Negara
Wp	Watt Peak
%	Persen
m ²	Meter persegi
Permen	Peraturan pemerintah
ESDM	Energi dan sumber daya mineral
KEN	Kebijakan energi nasional

ABSTRAK

Kebutuhan energi listrik sangat penting peranannya seiring bertambahnya pertumbuhan penduduk dan aktivitas masyarakat, sehingga perlu pengembangan energi listrik agar dapat memenuhi kebutuhan energi listrik. pada saat ini pengembangan energi listrik perlahan mulai mengarah ke energi terbarukan terutama energi matahari atau surya. Dalam rangka mencapai sasaran bauran energi nasional di Indonesia dengan target 23 % untuk energi terbarukan pada tahun 2025, maka pemerintah mengambil kebijakan *feed in tariff* (FiT). Kebijakan *feed in tariff* adalah kebijakan yang sudah diambil oleh banyak negara di dunia dengan tujuan untuk peningkatan pengembangan sumber energi baru-terbarukan sebagai energi alternatif yaitu dengan menetapkan harga jual dan membeli energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik dari energi terbarukan. Melalui Permen ESDM No. 17 tahun 2013, pemerintah Republik Indonesia telah menetapkan kebijakan FiT untuk pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang mempergunakan sistem *photovoltaic*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan harga penjualan listrik PLTS FTI UII dan menganalisa kelayakan ekonomi tarif penjualan listrik tersebut. Metode yang digunakan untuk menghitung tarif penjualan listrik adalah metode *life cycle cost* (LCC), metode LCC adalah metode yang menghitung seluruh investasi mulai dari biaya pemasangan, operasi, dan pemeliharaan dalam jangka waktu tertentu serta biaya penggantian komponen dalam saat ini. Lebih khusus lagi, termasuk biaya investasi awal, operasi, biaya pemeliharaan, biaya penggantian peralatan dimasa yang akan datang, keamanan, asuransi dan juga nilai jual kembali. Perhitungan tarif penjualan listrik pada penelitian ini menggunakan perhitungan *levelized cost of energy* (LCoE), yaitu nilai dari LCC dibagi dengan total energi yang dibangkitkan. Hasil perhitungan mendapat hasil tarif penjualan listrik sebesar Rp. 2.805/kWh yang masih memenuhi harga patokan tertinggi dari FiT tersebut. Analisa kelayakan ekonomi tarif penjualan listrik menggunakan lima parameter, yaitu *Pay Back Periode* (PBP), *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), *Profitability Indeks* (PI) dan *gross benefit ratio* (*gross B/C*). Hasil analisa kelayakan ekonomi tarif penjualan listrik ini layak dan memberikan *profit* atau keuntungan bagi pengelola.

Kata kunci : Pembangkit listrik tenaga surya, *feed in tariff*, *life cycle cost*, *levelized cost of energy*.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN.....	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR.....	iv
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Studi Literatur	4
2.2 Tinjauan Teori.....	5
2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	5
2.2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya FTI UII	6
2.2.3 <i>Feed In Tariff</i> (FIT).....	11
2.2.4 Metode <i>Life Cycle Cost</i> (LCC)	11
2.2.5 <i>Levelized Cost of Energi</i> (LCoE)	12
2.2.6 <i>Pay Back Periode</i> (PBP).....	12
2.2.7 <i>Net Present Value</i> (NPV).....	13
2.2.8 <i>Internal Rate of Return</i> (IRR)	14

2.2.9 <i>Profitability Index (PI)</i>	14
2.2.10 <i>Gross Benefit Rasio (Gross B/C)</i>	15
BAB 3 METODOLOGI	16
3.1 Alat dan Bahan	16
3.2 Metode Pengumpulan Data	16
3.3 Alur Penelitian	16
3.4 Metode Analisa	19
3.5 Cara Analisa	19
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Hasil Analisa	21
4.2 Hasil Perhitungan dan Analisa Metode <i>Life Cycle Cost (LCC)</i>	21
4.3 Hasil Perhitungan dan Analisa <i>levelized cost of energy (LCoE)</i>	23
4.4 Analisa Kelayakan Ekonomi	26
4.4.1 Hasil Perhitungan dan Analisa <i>Pay Back Periode (PBP)</i>	26
4.4.2 Hasil Perhitungan dan Analisa <i>Net Present Value (NPV)</i>	27
4.4.3 Hasil Perhitungan dan Analisa <i>Internal Rate of Return (IRR)</i>	29
4.4.4 Hasil Perhitungan dan Analisa <i>Profitability Index (PI)</i>	30
4.4.5 Hasil Perhitungan dan Analisa <i>Gross Benefit Rasio (Gross B/C)</i>	31
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	33
5.1 Kesimpulan	33
5.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN	1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gambar Diagram Instalasi PLTS	6
Gambar 2.2 datasheet spesifikasi modul surya 260 Wp.....	7
Gambar 2.3 datasheet spesifikasi baterai	8
Gambar 2.4 datasheet spesifikasi <i>solar charge controller</i>	9
Gambar 2.5 datasheet inverter.....	10
Gambar 3.1 Gambar Diagram Alir Penelitian.....	17



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Investasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya FTI UII	22
Tabel 4.2 data produksi energi listrik tahun 2017	23
Tabel 4.3 data produksi energi listrik tahun 2018	24
Tabel 4.4 data produksi energi listrik tahun 2019	24
Tabel 4.5 <i>Net present Value</i> pembangkit listrik tenaga surya FTI UII	28
Tabel 4.6 nilai NPV positif dan NPV negatif.....	30



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kebutuhan Energi listrik sangat penting perannya dalam pertumbuhan penduduk dan dalam setiap aktivitas masyarakat. Hampir semua kegiatan memerlukan energi listrik, oleh karena itu perlu pengusahaan energi listrik yang maksimal agar energi listrik dapat menjangkau wilayah yang lebih luas. Sehingga untuk memenuhi kebutuhan energi perlu dilakukan pembangunan, penyediaan, pengelolaan, dan pemanfaatan energi listrik secara berkelanjutan dan optimal. Meningkatnya peranan energi baru dan terbarukan adalah salah satu sasaran dari KEN (Kebijakan Energi Nasional), sedangkan sebagai targetnya pada tahun 2025 tercapai bauran energi yang optimal dimana peran energi baru dan terbarukan adalah 23% dan meningkat menjadi 31% pada tahun 2050 [1]. Sumber energi terbarukan adalah sumber energi yang dapat ada terus – menerus. Artinya, sumber energi ini apabila dikelola dengan baik tidak akan habis. Contoh sumber energi terbarukan antara lain angin, matahari, air, panas bumi, air terjun, dan gelombang laut. [1]. Salah satu sumber energi terbarukan yang tidak ada habisnya adalah sinar matahari, yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Di Indonesia PLTS mempunyai potensi yang cukup besar, yaitu 0,87 GW [2]

Pembangunan PLTS perlu terus diupayakan agar target yang diinginkan bisa tercapai. Kebijakan *feed in tariff* adalah salah satu kebijakan yang telah diambil oleh pemerintah, yaitu suatu kebijakan untuk menentukan harga jual listrik yang menggunakan sumber energi baru dan terbarukan. Melalui Peraturan Menteri ESDM No. 17 tahun 2013 yang mengatur tentang tata cara pembelian listrik dan juga harga tarif penjualan listrik oleh PT. PLN (Persero)[3]. PLTS fakultas teknologi industri (FTI), Universitas Islam Indonesia (UII) merupakan *project* yang telah beroperasi pada saat ini. PLTS FTI UII memiliki kapasitas 5 kWp dan Potensi energi listrik per hari yang dihasilkan PLTS FTI UII dari hasil studi jika di konversi sebesar 4,8 kWh/m²/hari .

Sampai saat ini belum ditetapkan nilai tarif penjualan listrik PLTS FTI UII, Pokok permasalahannya adalah berapakah harga keekonomian tarif penjualan listrik dari PLTS FTI UII, Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian dan analisa kelayakan ekonomi harga jual listrik yang sesuai di PLTS FTI UII agar dapat membangun kembali PLTS di masa yang akan datang. Disisi lain, penentuan tarif harus tetap berpedoman kepada regulasi yang berlaku saat ini. Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode *Life Cycle Cost* (LCC). Metode LCC digunakan sebagai dasar untuk menghitung keekonomian tarif listrik PLTS FTI UII dengan

memperhitungkan keseluruhan biaya yang diperlukan, mulai dari biaya investasi yang telah dikeluarkan, biaya manajemen pengelola, biaya operasional, pemeliharaan dan penggantian peralatan, termasuk didalamnya juga agar sudah memperhitungkan keuntungan yang harus didapatkan oleh pengelola dan teralokasinya dana untuk pembangunan kembali PLTS FTI UII. Metode ini dapat dipergunakan dalam menghitung efisiensi pemakaian energi pada sebuah gedung, menghitung total biaya dan analisa energi yang menggunakan sistem kombinasi energi surya. Metode LCC bisa diaplikasikan pada banyak bidang, pada penelitian ini LCC akan dipergunakan sebagai dasar untuk menentukan harga penjualan tarif listrik. harga penjualan listrik selanjutnya dianalisa dengan menggunakan 5 parameter kelayakan ekonomi yaitu *net present value* (NPV), parameter *internal rate of return* (IRR), parameter *pay back period* (PBP), parameter *profitability index* (PI) dan juga parameter *gross benefit rasio* (*gross B/C*).



1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana sistem perhitungan dalam menentukan keekonomian tarif penjualan listrik PLTS FTI UII ?
2. Bagaimana metode dan parameter yang digunakan dalam perhitungan keekonomian tarif penjualan listrik PLTS FTI UII ?
3. Bagaimana harga keekonomian tarif penjualan listrik PLTS FTI UII ?
4. Bagaimana analisa kelayakan ekonomi tarif penjualan listrik PLTS FTI UII?

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian kali ini penulis hanya melakukan perhitungan harga penjualan tarif listrik pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) FTI UII dengan menggunakan sebuah metode yaitu metode *life cycle cost* (LCC) dan menganalisa tarif penjualan listrik tersebut dengan menggunakan parameter kelayakan ekonomi sebagai parameter untuk melihat layak atau tidaknya tarif penjualan listrik secara ekonomis.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Menghitung dan menentukan harga tarif penjualan listrik PLTS FTI UII.
2. Merencanakan sistem perhitungan tarif penjualan listrik PLTS FTI UII.
3. Merencanakan sistem perhitungan tarif penjualan listrik PLTS FTI UII dengan menggunakan beberapa parameter.
4. Menganalisa kelayakan ekonomi tarif penjualan listrik PLTS FTI UII.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Dapat dijadikan sebagai referensi dalam perhitungan penentuan tarif penjualan listrik dari energi terbarukan.
2. Memberikan informasi dan pengetahuan tentang perhitungan tarif penjualan listrik PLTS kepada masyarakat luas.
3. Dapat dijadikan sebagai referensi pada penelitian tentang tarif penjualan listrik PLTS selanjutnya.
4. Memberikan informasi tentang wawasan pengembangan energi alternatif kepada masyarakat luas.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Salah satu energi yang dibutuhkan saat ini ialah energi listrik. Energi listrik merupakan sumber daya alam yang dibutuhkan di berbagai kegiatan. Kebutuhan akan energi listrik akan meningkat seiring dengan adanya perkembangan baik dari sisi perkembangan penduduk, ekonomi, teknologi serta perkembangan dunia pendidikan. Kebutuhan terhadap energi listrik harus diimbangi dengan penambahan sumber energi terbarukan, karena sebagian energi yang digunakan masih memanfaatkan energi fosil, sementara energi fosil merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbarukan dan akan habis jika digunakan terus menerus. Dalam pembangunan dan pengembangan pembangkit energi terbarukan seperti pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) perlu dilakukannya analisa dan penentuan tarif jual listrik sistem tersebut agar kedepannya dapat membangun sistem PLTS yang sama.

Analisa Keekonomian Tarif Listrik Tenaga Surya 1 MWP Bangli dengan Metode *Life Cycle Cost* oleh I. B. Ketut Sugirianta, I. Giriantari, and I. N. Satya Kumara (2016) [4], melakukan penelitian tentang keekonomiaian harga tarif listrik PLTS Bangli yang dijual ke Perusahaan Listrik Negara (PLN) yang paling sesuai. Tujuan dari *paper* ini adalah untuk Menentukan harga tarif listrik yang sesuai dengan memperhatikan Peraturan menteri ESDM. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Life Cycle Cost* (LCC), dimana metode ini mencakup perhitungan keseluruhan biaya mulai dari perencanaan sistem hingga *salvage value* selama umur hidup dari sistem tersebut. Perhitungan tarif listrik pada *paper* ini juga menambahkan keuntungan dari hasil perhitungan *levelized cost of energi* (LCoE). Dimana nilai dari LCoE ini adalah total *present value* dari metode LCC dibagi dengan total *present value* dari energi yang dibangkitkan. Untuk analisa kelayakan ekonomi tarif penjualan listrik menggunakan empat parameter yaitu IRR (*Internal Rate of Return*), PBP (*pay back periode*), PI (*Profitability indek*), dan juga NPV (*net present value*). Untuk hasil dari perhitungan tarif penjualan listrik didapat nilai sebesar Rp.2.201/kWh. Kelebihan riset ini adalah sudah menganalisis dengan memperhatikan parameter-parameter seperti investasi biaya pembangunan dan *maintenance* dan menggunakan beberapa kemungkinan skenario.

Analisis Penentuan Tarif Harga Listrik PLTS Layak Untuk Pulau Kabung Bengkayang Kalimantan Barat oleh A. Gandiar (2015) [5], melakukan penelitian dengan Tujuan dari riset ini adalah Menentukan harga tarif listrik yang sesuai (tidak rugi) dengan memperhatikan Peraturan menteri ESDM. Dalam riset ini menggunakan metode LCC (*Life cycle cost*) dan juga COE (*Cost*

of Energi) sebagai pembanding dengan melihat angka terendahnya. Dari segi ekonomis diketahui bahwa pemabangunan PLTS masih terlalu mahal dibandingkan dengan tarif penjualan yang digantikan dengan 15 panel surya dengan kapasitas sebesar 150 Wp. Untuk tarif dasar listrik yang layak dipulau Kabung sebesar Rp.3.700/kWh. Kekurangan dari riset ini adalah Hanya menggunakan satu skenario saja dalam penentuan tarif listrik sehingga membuat masih ada kemungkinan yang membuat harga tarif listrik PLTS yang lebih murah.

Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Rooftop* di Hotel Kini Pontianak oleh Ganda Hartawan Sihotang (2016)[6] , melakukan penelitian tentang perencanaan pembangunan pembangkit listrik tenaga matahari di hotel Kini Pontianak. Potensi energi matahari di Pontianak sangat besar dimana Pontianak dikenal sebagai daerah yang dilalui garis khatulistiwa. Tujuan dari riset ini adalah untuk mengetahui bagaimana potensi, kontribusi, dan aspek biaya dari pembangkit listrik tenaga matahari di hotel Kini Pontianak. Dalam melakukan penelitian ini peneliti menggunakan tiga nilai parameter, yaitu *Net Present Value* (NPV), *profitability index* (PI) dan juga *Discounted payback periode* (DPP). Dari hasil yang didapat yaitu harga energi per kWh Rp.1.467,28/kWh. Untuk hasil dari *profitability index* yaitu bernilai 0,394 (<1) dan nilai DPP lebih besar dari periode umur proyek diaman secara analisis ekonomi proyek ini tidak layak untuk diterapkan..kekurangan riset ini adalah Perlu ada kajian tentang penggunaan sistem PLTS yang lain, yang dimana pada komponen yang dijadikan rancangan sistem PLTS menjadi lebih ekonomis.

2.2 Tinjauan Teori

2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) termasuk dalam salah satu sumber energi baru dan terbarukan. PLTS memanfaatkan sumber energi matahari dalam bentuk cahaya matahari untuk diubah langsung menjadi energi listrik. Pada dasarnya matahari membawa energi yang dibagi menjadi dua bentuk, yaitu energi panas dan cahaya. Dari dua bentuk energi tersebut dibagi menjadi dua sistem tenaga surya, yaitu sistem tenaga panas matahari (*solar thermal*) dan sistem tenaga surya (PLTS). Sistem tenaga panas matahari menangkap panas untuk digunakan sebagai pemanas air, sedangkan sistem tenaga surya mengubah cahaya matahari langsung menjadi listrik. Ketika modul *fotovoltaik* (PV) terkena cahaya matahari, modul akan menghasilkan listrik searah atau *direct current* (DC). Listrik DC akan dikonversi menjadi listrik bolak-balik atau *alternating current* (AC) oleh inverter, yang selanjutnya didistribusikan ke bangunan.[7] Komponen utama yang terdapat pada PLTS antara lain modul PV, baterai, inverter,

solar charge controller (SCC). Berikut adalah gambar prinsip kerja sebuah pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) secara umum.



Gambar 2.1 Gambar Diagram Instalasi PLTS

PLTS mampu secara efektif mengurangi ketergantungan pada daya listrik, menaikkan produksi energi baru terbarukan, dan meningkatkan kualitas lingkungan. Energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS bergantung pada beberapa faktor, yaitu besar iradiasi matahari yang diterima oleh modul *fotovoltaik*, suhu sekitar modul, dan ada tidaknya *shading* atau bayangan yang mengenai modul.[7] Faktor iradiasi matahari merupakan faktor utama bagi PLTS untuk menghasilkan energi listrik.

2.2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya FTI UII

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) fakultas teknologi industri (FTI) Universitas Islam Indonesia (UII) merupakan *pilot project* yang dibangun pada tahun 2017 dengan tujuan untuk inisiasi untuk pemenuhan sekaligus penghematan listrik dilingkungan kampus khususnya FTI UII. Selain itu, tenaga listrik yang dihasilkan *solar cell* juga dapat menjadi *backup* jika listrik dari perusahaan listrik Negara (PLN) mati, sehingga tidak mengganggu proses belajar mengajar di ruang kelas. Sistem PLTS ini digunakan untuk menyuplai beban proyektor yang terdapat di 36 ruang kelas pada gedung perkuliahan FTI UII dengan total kebutuhan daya listrik sekitar 9360 Watt. Sistem PLTS FTI UII sendiri tersusun dari beberapa komponen yang meliputi modul surya

atau modul PV, baterai, *solar charge controller* dan juga inverter untuk membangkitkan energi listrik. sistem ini memiliki umur pakai selama 25 tahun.

Pada sistem PLTS FTI UII menggunakan modul surya jenis *Canadian Solar CS6P-260* yang memiliki kapasitas sebesar 260 Wp. Berikut adalah spesifikasi dari modul surya yang dapat dilihat pada gambar 2.2 sebagai berikut.

CanadianSolar

CS6P-260 | 265 | 270P

The high quality and reliability of Canadian Solar's modules is ensured by 15 years of experience in module manufacturing, well-engineered module design, stringent BOM quality testing, an automated manufacturing process and 100% EL testing.

KEY FEATURES

- Excellent module efficiency of up to 16.79 %
- Outstanding low irradiance performance: 96.5 %
- Positive power tolerance of up to 5 W
- No. 1 PTC High PTC rating of up to 92.0 %
- IP67 junction box for long-term weather endurance
- Heavy snow load up to 5400 Pa, wind load up to 2400 Pa
- Salt mist, ammonia and blown sand resistance, for seaside, farm and desert environments*

25 years linear power output warranty

10 years product warranty on materials and workmanship

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES*

ISO 9001:2008 / Quality management system
 ISO/TS 16949:2009 / The automotive industry quality management system
 ISO 14001:2004 / Standards for environmental management system
 OHSAS 18001:2007 / International standards for occupational health & safety

PRODUCT CERTIFICATES*

IEC 61215 / IEC 61730: VDE / CE / MCS / JET / SIL / CEC AU / INMETRO / CQC
 UL 1703 / IEC 61215 performance: CEC listed (US) / PSEC (US Florida)
 UL 1703: CSA / IEC 61701 ED2: VDE / IEC 62716: VDE / IEC 60068-2-68: SGS
 Take-e-way / UNI 9177 Reaction to Fire: Class 1

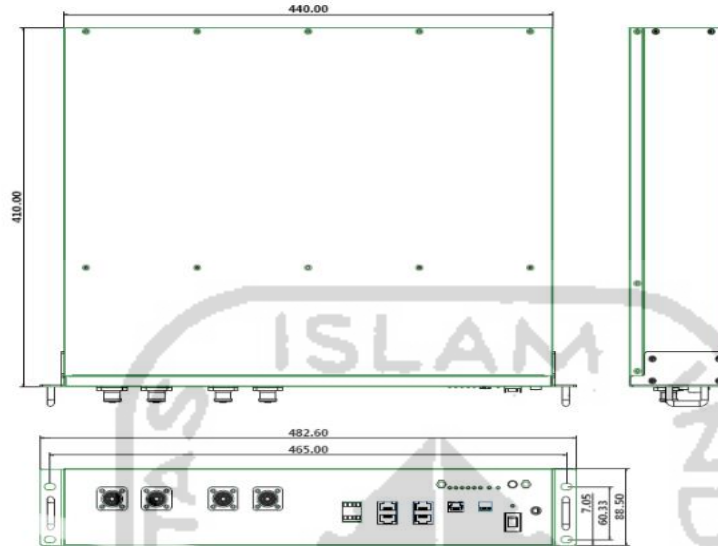
* As there are different certification requirements in different markets, please contact your local Canadian Solar sales representative for the specific certificates applicable to the products in the region in which the products are to be used.

CANADIAN SOLAR INC. is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. As a leading manufacturer of solar modules and PV project developer with over 14 GW of premium quality modules deployed around the world since 2001, Canadian Solar Inc. (NASDAQ: CSIQ) is one of the most bankable solar companies worldwide.

Gambar 2.2 datasheet spesifikasi modul surya 260 Wp

Dari data spesifikasi modul surya *Canadian Solar CS6P-260* diatas diketahui bahwa *lifetime* atau umur pakai modul surya adalah selama 25 tahun. Selanjutnya untuk baterai yang digunakan dalam sistem PLTS ini menggunakan baterai jenis *Pylontech US200B Lithium Battery* dengan kapasitas sebesar 2,2 kWh dengan spesifikasi yang dapat dilihat pada gambar 2.3 sebagai berikut.

1.2 Specifications



Basic Parameters	Phantom-S
Nominal Voltage (V)	48
Nominal Capacity (Ah)	50
Dimension (mm)	440*410*89
Weight (Kg)	24
Discharge Voltage (V)	45 ~ 54
Charge Voltage (V)	52.5 ~ 54
Maximum Discharge Current (A)	100 (2C)@1Min
Maximum Charge Current (A)	100 (2C)@1Min
Communication	RS232, RS485, CAN
Working Temperature	0°C~50°C
Shelf Temperature	-40°C~80°C
Certification	TüV / CE / UN38.3 / TLC
Design life	5 Years (25°C/77°F)
Cycle Life	>6,000 (80% DOD)

Gambar 2.3 datasheet spesifikasi baterai

Dari data spesifikasi baterai *Pylontech US200B Lithium Battery* diatas diketahui bahwa *lifetime* atau umur pakai baterai adalah selama 5 tahun. Selanjutnya untuk *solar charge controller* yang digunakan dalam sistem PLTS ini menggunakan *solar charge controller PTR tracer series PTR1210A/PTR2210A* dengan spesifikasi yang dapat dilihat pada gambar 2.4 sebagai berikut.

Data Sheet:

Model	SCF-30A	SCF-40A	SCF-50A	SCF-60A
Solar System Voltage	12V/24V/36V/48V			
Electrical				
PV operating voltage	18~100Vdc@12V 34~100Vdc@24V 50~100Vdc@36V 60~100Vdc@48V		18~150Vdc@12V 34~150Vdc@24V 50~150Vdc@36V 60~150Vdc@48V	
Max. PV open circuit voltage	100Vdc		150Vdc	
Max. PV input power	12V 400W	12V 600W	12V 700W	12V 800W
	24V 800W	24V 1200W	24V 1400W	24V 1700W
	36V 1200W	36V 1800W	36V 2100W	36V 2400W
	48V 1600W	48V 2300W	48V 2800W	48V 3300W
Max. charging current	30A	40A	50A	60A
Max. DC load current	40A		N/A	
Self Consumption	2W		2W	
MPPT Efficiency	99.5%			
Conversion Efficiency	97.5%		97.8%	
Protection	Overload, short circuit, high voltage ,high temperature protection			
Battery charging				
Battery Type	Sealed ,AGM, Gel, Flooded, Lithium ,User define			
Charging Algorithm	3-stage: Bulk, Absorption, Float, Equalize			
Bulk charge voltage	Sealed:14.4V AGM Gel:14.2V Flooded:14.6V User define:10-15V			
Float charge voltage	Sealed/Gel/AMG:13.7V Flooded:13.6V User define :10-15V			
Equalize charge voltage	Sealed:14.6V AGM:14.8V Flooded:14.8V User define :10-15V			
Low voltage reconnect voltage	12.5V		N/A	
Low voltage disconnect voltage	10.5V(10.5—12.5V Adjustable)		N/A	
Temperature compensation	-5mV/°C /2V with BTS(Optional)			
Communication				
Communication Port	RS485		RS485	
Mechanical				
Net weight	1.8KG		3KG	
Gross weight	2.1KG		4KG	
Dimensions	230*170*60		290*180*90	
Packing dimension	350*250*105		330*250*145	
Cooling	Fan cooling			
Enclosure	IP20			
Environment				
Ambient Temperature	-25~60°C (Derating from 45°C)			
Storage Temperature	-40°C~+80°C			
Humidity	100% non-condensing			
Warranty	5 Years			

Gambar 2.4 datasheet spesifikasi solar charge controller

Dari data spesifikasi solar charge controller (SCC) PTR tracer series PTR1210A/PTR2210A diatas diketahui bahwa *lifetime* atau umur pakai SCC adalah selama 5 tahun. Selanjutnya untuk inverter yang digunakan dalam sistem PLTS ini menggunakan inverter Solax X3-10.0-T dengan kapasitas 5 kW dan dengan spesifikasi yang dapat dilihat pada gambar 2.5 sebagai berikut.



X3-4.0-T X3-5.0-T X3-6.0-T X3-7.0-T X3-8.0-T X3-9.0-T X3-10.0-T

	X3-4.0-T	X3-5.0-T	X3-6.0-T	X3-7.0-T	X3-8.0-T	X3-9.0-T	X3-10.0-T
INPUT (DC)							
Max.DC power [W]	5200	6500	7800	8400	9600	10800	12000
Max.DC voltage [V]	800	800	800	1000	1000	1000	1000
Norminal DC operating voltage [V]	600	600	600	600	600	600	600
Max. input current (input A/input B) [A]	11/11	11/11	11/11	11/11	11/11	11/11	11/11
Max. short circuit current (input A/input B) [A]	14/14	14/14	14/14	14/14	14/14	14/14	14/14
Operating voltage range [V]	160-750	160-750	160-750	160-900	160-900	160-900	160-900
MPPT voltage range [V] (full load)	190-750	240-750	285-750	330-800	380-800	425-800	470-800
Start up DC voltage [V]	140	140	140	140	140	140	140
Start output DC voltage [V]	180	180	180	180	180	180	180
Shut down DC voltage [V]	100	100	100	100	100	100	100
No. of MPP trackers	2	2	2	2	2	2	2
Strings per MPP tracker	1	1	1	1	1	1	1
DC disconnection switch	optional	optional	optional	optional	optional	optional	optional
OUTPUT (AC)							
Norminal AC power [W]	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
Max. apparent AC power [W]	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
Rated grid voltage (AC voltage range) [V]	~3/N/PE, 230/400(310-480)						
Rated grid Frequency [Hz]	50/60;+/-5						
Max. AC current [A]	6.4	8.0	9.6	11.2	12.8	14.4	16.0
Displacement power factor	0.8leading-0.8lagging						
THDi, rated power [%]	<2						
EFFICIENCY							
MPPT efficiency [%]	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9
Euro-efficiency [%]	97.8	97.8	97.8	98	98	98	98
Max. efficiency [%]	98.3	98.3	98.3	98.4	98.4	98.5	98.5
POWER CONSUMPTION							
Night consumption [W]	<3						
STANDARD							
Safety	EN62109-1/-2						
EMC	EN61000-6-1;EN61000-6-2;EN61000-6-3;EN61000-3-2;EN61000-3-3						
Certification	AS4777.2-2015; VDE4105						
ENVIRONMENT LIMIT							
Protection class	IP65						
Operating temperature range [°C]	-25--+60(derating at 45)						
Humidity [%]	0-100, condensing						
Altitude[m]	4000(derating at 3000)						
Storage temperature [°C]	-25-60						
Noise emission(typical)[dB]	<35						
Over voltage category	III(electric supply side), II(PV side)						
GENERAL							
Dimensions(WxHxD) [mm]	460*400*180						
Weight [kg]	25	25	25	26	26	26	26
DC input type	MC4						
Cooling concept	Natural						
Topology	Transformerless						
Earth fault alarm	Yes(80dB)						
Communication	Rs485 /DRM / WIFI(optional) / LAN (optional)/ USB / RF						
LED	3						
LCD display	Backlight 20*4 character						
Warranty [year]	15						

Gambar 2.5 datasheet inverter

Dari data spesifikasi inverter Solax X3-10.0-T diatas diketahui bahwa *lifetime* atau umur pakai baterai adalah selama 15 tahun.

2.2.3 Feed In Tariff (FIT)

Feed in tariff (FIT) adalah sebuah skema atau kebijakan yang dirancang untuk mempercepat investasi dalam teknologi energi terbarukan yaitu dengan cara membeli energi yang dihasilkan oleh pembangkit listrik energi terbarukan dengan tarif penjualan listrik yang telah ditentukan sebelumnya. Ketentuan *feed in tariff* di Indonesia sendiri diatur dalam peraturan Menteri ESDM nomor 17 tahun 2013 tentang tata cara pembelian listrik dan juga harga tarif penjualan listrik oleh PT. PLN (Persero). Kebijakan *feed in tariff* untuk pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) menurut peraturan Menteri ESDM nomor 17 tahun 2013 adalah sebesar US \$ 25 Sen/kWh atau untuk harga patokan tertinggi sedangkan untuk PLTS yang menggunakan modul *fotovoltaik* dengan tingkat komponen dalam negeri minimal 40% ditetapkan patokan harga tertingginya adalah US \$ 30 Sen/kWh.[3] Di Indonesia sendiri yang akan membeli energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik energi terbarukan adalah PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN) sebagai perusahaan utama dalam penyediaan listrik di Indonesia.

2.2.4 Metode *Life Cycle Cost* (LCC)

Life Cycle Cost (LCC) merupakan suatu metode ekonomi dalam mengevaluasi dan menghitung keseluruhan biaya total yang dikeluarkan dalam pembangunan suatu proyek atau sistem. Dalam perhitungan LCC meliputi jumlah biaya instalasi, operasi, dan pemeliharaan dalam jangka waktu tertentu serta biaya penggantian komponen dalam saat ini. Lebih khusus lagi, termasuk biaya investasi awal, operasi, biaya pemeliharaan, biaya penggantian peralatan dimasa yang akan datang, keamanan, asuransi dan juga nilai jual kembali.[8] Dengan kata lain Biaya siklus hidup (*life cycle cost*) merujuk pada penjumlahan semua biaya-biaya, baik yang berulang maupun tidak berulang sehubungan dengan produk, struktur, sistem, atau jasa selama jangka waktu hidupnya.[9] Sehingga untuk Perhitungan LCC dapat menggunakan persamaan atau rumus sebagai berikut.[10]

$$LCC = IC + SV + NFOMC + NRC \quad (2.1)$$

Dimana :

- LCC : nilai biaya keseluruhan sistem
- IC : nilai biaya investasi awal sistem
- SV : biaya pemasangan sistem dan pergantian komponen
- NFOMC : biaya operasi dan *maintenance* sistem
- NRC : biaya lain diluar bahan bakar dan pemeliharaan

2.2.5 Levelized Cost of Energi (LCoE)

Levelized Cost of Energi (LCOE) didefinisikan sebagai biaya rata-rata per kWh (Rp/kWh) energi listrik yang dihasilkan oleh sistem selama *lifetime*, dengan memperhatikan biaya investasi, penggantian, operasi dan pemeliharaan, serta biaya modal. LCOE dihitung dengan membagi biaya keseluruhan sistem atau investasi *life cycle cost* (LCC) selama umur pakai sistem, dengan total energi listrik yang dihasilkan oleh sistem.[11] perbedaan perhitungan antara perhitungan *Levelized Cost of Energi* (LCOE) dan perhitungan *Cost of Energi* (CoE) adalah perhitungan LCoE menyertakan parameter tingkat suku bunga yang berlaku dan *lifetime* sistem pembangkit sehingga dapat diperoleh hasil harga rata-rata penjualan energi listrik dalam suatu sistem pembangkit listrik tenaga surya sedangkan CoE tidak mencantumkan parameter tingkat suku bunga yang berlaku dan *lifetime* sistem dalam perhitungan. Sehingga untuk Perhitungan LCOE dapat menggunakan persamaan atau rumus sebagai berikut.[9]

$$LCoE = \sum_{t=n}^n \frac{\frac{LCC}{(1+r)^t}}{\frac{Et}{(1+r)^t}} \quad (2.2)$$

Dimana :

LCoE = Harga energi listrik (Rp/kWh)

LCC = *Life Cycle Cost* keseluruhan sistem

Et = total pembangkitan energi listrik yang dihasilkan (dalam kWh)

r = tingkat suku bunga yang berlaku (%)

t = umur pakai sistem (tahun)

2.2.6 Pay Back Periode (PBP)

Pay back periode adalah waktu yang dibutuhkan untuk pengembalian biaya investasi dari proyek yang dikerjakan. Untuk mendapatkan nilai *payback period* dengan cara membagi biaya investasi keseluruhan sistem dengan pendapatan yang dihasilkan oleh pembangkit dalam setahun.[4] *Pay back periode* dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$Pay\ back\ Periode\ (t) = \frac{Biaya\ Investasi\ keseluruhan}{Pendapatan\ Pertama\ tahun} \quad (2.3)$$

Payback periode dapat dikatakan layak jika waktu pengembalian biaya investasi lebih kecil dari waktu proyek yang dikerjakan atau *lifetime* sistem.

2.2.7 Net Present Value (NPV)

Net Present Value (NPV) adalah sebuah parameter yang menggambarkan sebuah pendapatan yang diperoleh dimasa depan yang bunganya telah dibayar diawal atau diskonto. [12] Tujuan dari perhitungan NPV adalah digunakan untuk menghitung alokasi modal untuk menganalisa keuntungan dalam sebuah proyek yang dilaksanakan agar dapat membangun proyek yang sama di masa depan. Data yang diperlukan untuk mencari nilai NPV berupa biaya investasi, biaya perawatan serta perbaikan, dan pendapatan bersih atau *netto benefit* yang diperoleh dari pendapatan kotor atau *brutto benefit* yang telah di diskonto dengan tingkat suku bunga yang berlaku. Nilai *Net present Value* dihitung dengan melihat total pendapatan bersih atau *netto benefit* untuk mendapatkan nilai *future value* sebuah sistem, kemudian nilai *future value* atau total pendapatan bersih (*netto benefit*) dibandingkan dengan nilai dari *present value* sistem atau investasi awal pembangkit. *Net Present Value* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{R_t}{(1+i)^t} - C_o \quad (2.4)$$

Dimana :

i = Tingkat suku bunga acuan (%)

t = Tahun periode

R_t = Pendapatan bersih (*Netto Benefit*) dalam waktu t

C_o = Biaya investasi awal tahun ke 0

Adapun kriteria dalam penilaian hasil perhitungan dari parameter NPV terhadap sistem atau proyek adalah sebagai berikut :

- a. Apabila $NPV > 0$ artinya investasi yang dilakukan memberikan manfaat bagi perusahaan atau yang menjalankan proyek tersebut. Apabila memenuhi kriteria hasil tersebut maka proyek bisa dijalankan.
- b. Apabila $NPV < 0$ artinya investasi yang dilakukan akan mengakibatkan kerugian bagi perusahaan atau yang menjalankan proyek tersebut. Apabila memenuhi kriteria hasil tersebut maka proyek ditolak atau tidak dapat dijalankan.
- c. Apabila $NPV = 0$ artinya investasi yang dilakukan tidak akan mengakibatkan perusahaan atau yang menjalankan proyek tersebut untung ataupun rugi. Apabila memenuhi kriteria hasil tersebut maka kalau proyek dilaksanakan atau tidak dilaksanakan tidak berpengaruh pada keuangan perusahaan.

2.2.8 Internal Rate of Return (IRR)

Parameter IRR adalah parameter yang digunakan untuk mendapatkan tingkat bunga yang menyamakan total nilai sekarang penerimaan arus kas yang diharapkan dengan total nilai sekarang yang diperlukan untuk investasi, dimana untuk menghitung nilai IRR yaitu dengan mencari tingkat suku bunga yang menghasilkan nilai *net present value* (NPV) positif dibandingkan dengan tingkat suku bunga yang menghasilkan nilai *net present value* negatif, kemudian nilai IRR dibandingkan dengan tingkat suku bunga pengembalian investasi yang berlaku atau *minimum attractive rate of return* (MARR). [4] Untuk kriteria keputusannya ditentukan oleh nilai IRR yang didapatkan, jika nilai IRR lebih besar dari nilai suku bunga pengembalian investasi yang berlaku atau MARR maka proyek diterima dan sebaliknya proyek ditolak apabila nilai IRR lebih kecil dari nilai suku bunga pengembalian investasi yang berlaku atau MARR. Formulasi IRR :

$$IRR = i^1 + \left\{ \frac{NPV^1}{NPV^1 - NPV^2} (i^1 - i^2) \right\} \quad (2.5)$$

Dimana :

i^1 : tingkat suku bunga bank acuan (%)

i^1 : tingkat suku bunga yang bisa menghasilkan nilai positif NPV (%)

i^2 : tingkat suku bunga yang bisa menghasilkan nilai negatif NPV (%)

NPV^1 : nilai positif *net present value*

NPV^2 : nilai negatif *net present value*

Kriteria pengambilan keputusan dalam IRR yaitu :

- a. $IRR <$ tingkat bunga pinjaman maka proyek atau investasi tidak layak untuk diusahakan dan dijalankan.
- b. $IRR \geq$ tingkat bunga pinjaman maka proyek atau investasi layak diusahakan atau dijalankan

2.2.9 Profitability Index (PI)

Parameter *profitability index* atau PI adalah perbandingan antara nilai sekarang penerimaan arus kas dengan nilai sekarang pengeluaran arus kas. Ini juga dikenal dengan nama parameter *benefit cost ratio*. Sebagai kriteria dalam menentukan penerimaan proyek ditentukan dari nilai PI, proyek dinyatakan diterima apabila nilai parameter PI sama atau lebih besar dari 1,

sedangkan sebaliknya proyek ditolak apabila nilainya lebih kecil dari 1 [4]. Parameter PI di formulasikan dengan rumus sebagai berikut.

$$PI = \frac{\text{Present Value Penerimaan}}{\text{Present Value Pengeluaran}} \quad (2.6)$$

2.2.10 Gross Benefit Rasio (Gross B/C)

Parameter *Gross B/C* merupakan nilai perbandingan antara *present value* (PV benefit) dengan *present value* biaya (PV cost). [13] Secara perhitungan matematis *Gross B/C* ini dapat diformulasikan sebagai berikut.

$$Gross\ B/C = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{Bt}{(1+i)^t}}{\sum_{t=n}^n \frac{Ct}{(1+i)^t}} \quad (2.7)$$

Dimana :

Bt = *Benefit* pada tahun ke -t (Rp)

Ct = Biaya pada tahun ke -t (Rp)

n = Lamanya periode waktu (tahun)

i = Tingkat suku bunga acuan (%)

Kriteria untuk penilaian parameter *Gross B/C* adalah sebagai berikut :

- a. Bila nilai dari *Gross B/C* > 1 maka investasi pembangunan proyek yang dilakukan layak untuk diusahakan.
- b. Bila nilai dari *Gross B/C* < 1 maka investasi pembangunan proyek yang dilakukan tidak layak untuk diusahakan.
- c. Bila nilai dari *Gross B/C* = 1 maka investasi pembangunan proyek yang dilakukan tidak untung dan tidak rugi atau dalam keadaan *Break Even Point* (BEP)

BAB 3

METODOLOGI

3.1 Alat dan Bahan

Pada penelitian ini menggunakan peralatan seperti perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak sebagai alat penunjang kegiatan. Peralatan yang digunakan antara lain :

- a. Laptop / Komputer
- b. Data pembangkitan energi listrik Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), data investasi, data pergantian komponen, data tingkat suku bunga acuan yang berlaku dan data operasi dan maintenance sistem PLTS.
- c. Perangkat lunak *Microsoft word* dan *Microsoft excel*.

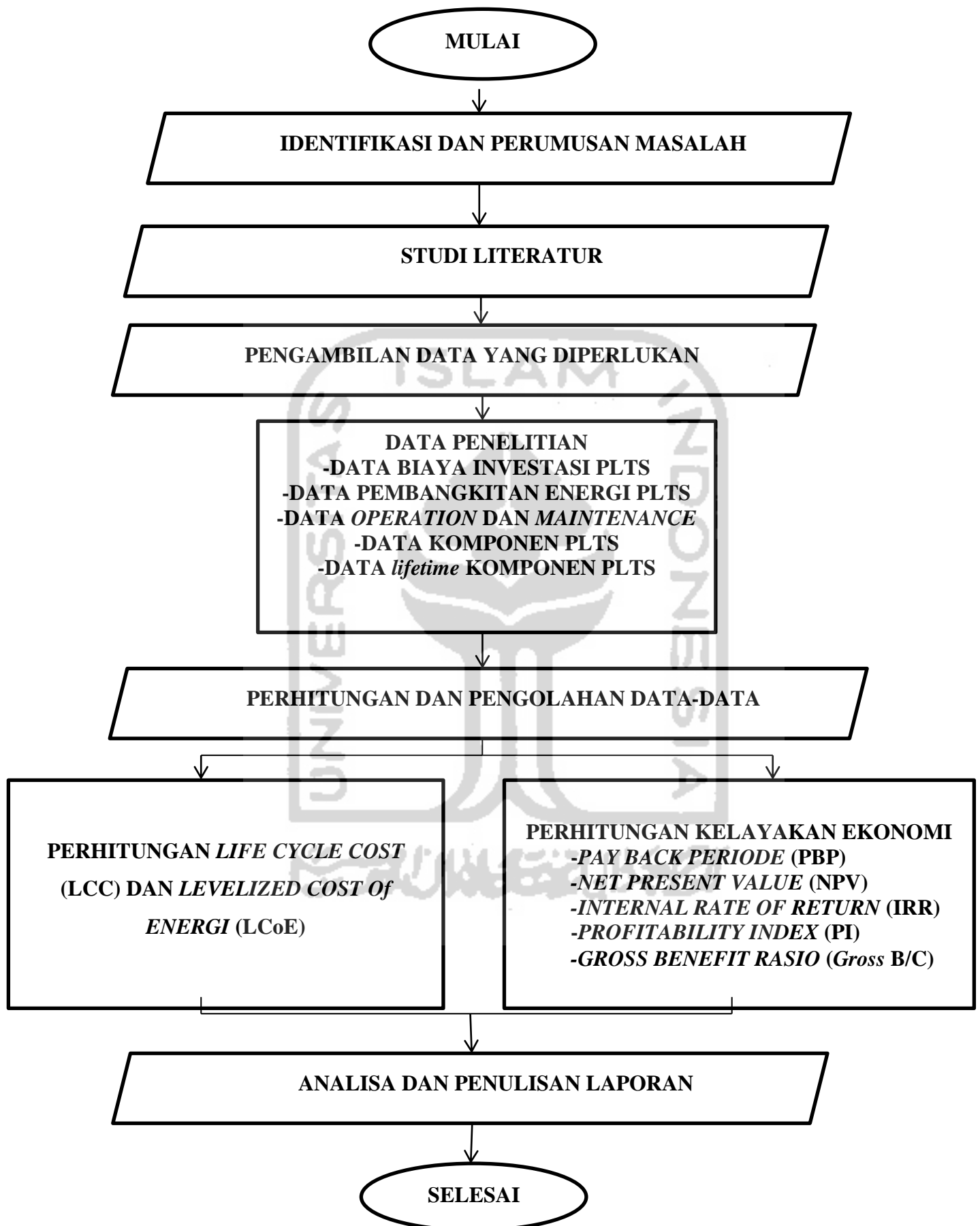
3.2 Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian tentang analisa keekonomiaian tarif listrik pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) FTI UII menggunakan metode pengambilan data sebagai berikut :

1. Metode observasi, yaitu dengan mengambil data dan mengadakan penelitian langsung di PLTS FTI UII. Dalam penelitian ini data yang akan diambil antara lain :
 - Kapasitas PLTS yang terpasang dan data teknis solar panel
 - Pencatatan produksi energi yang dihasilkan PLTS per tahun
 - jumlah baterai yang terpasang pada sistem dan biaya
 - Jumlah inverter yang digunakan
 - Jumlah modul yang digunakan
 - Biaya investasi PLTS
 - Biaya pergantian komponen
 - Biaya Operasi dan *Maintenance* PLTS dan umur pakai atau *lifetime* PLTS
2. Metode wawancara, yaitu dengan melakukan wawancara dengan *project manager* pembangunan PLTS FTI UII untuk mengambil data yang diperlukan dalam penelitian ini.

3.3 Alur Penelitian

Terdapat beberapa tahapan yang dikerjakan pada penelitian ini, tahapan tersebut dapat diketahui pada gambar diagram alir 3.1.



Gambar 3.1 Gambar Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pada gambar 3.1 diatas merupakan tahapan yang dilakukan saat penelitian. Tahapan yang dilakukan yaitu berupa.

a. Identifikasi dan perumusan masalah

Pada tahapan ini penulis melakukan identifikasi masalah dan perumusan masalah dalam penelitian yang akan dilakukan untuk menentukan bagaimana metode dan analisa yang akan digunakan dalam penelitian ini.

b. Studi literatur

Pada tahapan studi literatur penulis mencari dan melakukan studi dari berbagai literatur yang membahas topik seputar penelitian yang dilakukan baik dari sumber jurnal, artikel, buku, *manual book* maupun sumber lainnya untuk dijadikan sebagai referensi untuk menyelesaikan penelitian ini.

c. Pengambilan Data

Pada tahapan pengambilan data penulis melakukan pengumpulan data yang diperlukan saat penelitian, yaitu berupa data biaya investasi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), data pembangkitan energi listrik PLTS, data operasi dan *maintenance* PLTS, data komponen, data *lifetime* komponen PLTS, data tingkat suku bunga serta data lainnya yang mendukung.

d. Perhitungan dan Pengolahan data

Pada tahapan ini penulis melakukan perhitungan dan pengolahan data terhadap data – data yang telah diambil sebelumnya dengan menggunakan metode *life cycle cost* (LCC), *levelized cost of energy* (LCoE) untuk menghitung harga jual listrik dan parameter analisa kelayakan ekonomi sistem pembangkit listrik tenaga surya yaitu parameter seperti NPV, IRR, PP, PI dan *gross B/C*.

e. Analisa dan Penulisan Laporan

Pada tahapan ini penulis melakukan analisa dari hasil perhitungan yang telah dilakukan penulis dan melakukan penulisan laporan setelah selesai melakukan perhitungan dan pengolahan data pada penelitian.

f. Penelitian selesai

3.4 Metode Analisa

Pada penelitian yang dilakukan ini menggunakan sebuah metode yaitu metode *life cycle cost* (LCC) dimana metode LCC ini sebagai dasar yang digunakan untuk menghitung dan mengetahui seluruh biaya keseluruhan atau investasi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Metode LCC sendiri menghitung seluruh biaya pembangunan PLTS mulai dari biaya investasi awal, operasi, biaya pemeliharaan, biaya penggantian peralatan dimasa yang akan datang, keamanan, asuransi dan juga nilai jual kembali. Metode ini digunakan karena telah banyak diaplikasikan untuk perhitungan biaya pada berbagai bidang seperti, dapat dipergunakan dalam menghitung efisiensi pemakaian energi pada sebuah gedung, menghitung total biaya dan analisa energi pada rumah yang menggunakan sistem kombinasi energi surya. Setelah memperhitungkan dan memperhitungkan biaya keseluruhan dan investasi pembangkit listrik tenaga surya dengan menggunakan metode LCC. Selanjutnya dalam menghitung dan menentukan tarif dasar listrik atau harga tarif jual listrik PLTS yaitu dengan menggunakan metode atau perhitungan *levelized cost of energi* (LCoE). Dalam perhitungan LCoE ini menggunakan data pembangkitan energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS selama satu tahun. Untuk menganalisis kelayakan ekonomi dari harga jual listrik yang dihasilkan dari pembangkit listrik tenaga surya menggunakan empat parameter analisa atau rumus yang digunakan yaitu parameter *net present value* (NPV), parameter *internal rate of return* (IRR), parameter *pay back period* (PBP), parameter *profitability index* (PI) dan juga parameter *gross benefit rasio* (*gross B/C*). Parameter - parameter diatas digunakan untuk mengetahui layak atau tidak layaknya pembangunan pembangkit listrik tenaga surya FTI UII dari segi ekonomis.

3.5 Cara Analisa

Langkah – langkah yang dilakukan untuk menyelesaikan penelitian ini adalah dengan memahami dan menentukan metode perhitungan yang berkaitan langsung dengan topik penelitian, kemudian penulis mengumpulkan data – data yang diperlukan dalam proses perhitungan yang akan dilakukan dengan cara observasi dan wawancara secara langsung. Setelah semua data yang diperlukan. Selanjutnya adalah menghitung seluruh biaya yang digunakan dalam pembangunan atau biaya investasi pembangkit listrik tenaga surya dengan menggunakan metode *life cycle cost* (LCC), metode ini digunakan untuk mengetahui seluruh biaya yang digunakan untuk membangun pembangkit listrik tenaga surya, mulai mulai dari biaya investasi awal, operasi, biaya pemeliharaan, biaya penggantian peralatan dimasa yang akan datang,

keamanan, asuransi dan juga nilai jual kembali. Kemudian setelah menghitung biaya keseluruhan PLTS maka selanjutnya adalah menghitung dan menganalisis tarif penjualan listrik dengan menggunakan metode perhitungan *levelized cost of energi* (LCoE). Metode perhitungan ini memperhitungkan dan menganalisis tarif penjualan listrik yaitu dengan cara membagi biaya keseluruhan investasi pembangunan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dengan jumlah produksi energi listrik yang dapat dibangkitkan oleh sistem PLTS selama satu tahun. Setelah menghitung dan menentukan harga tarif penjualan listrik pembangkit listrik tenaga surya FTI UII, langkah selanjutnya adalah menganalisis kelayakan tarif jual listrik dengan lima parameter kelayakan ekonomi yaitu sebagai berikut.

- Analisa parameter *Pay Back Periode* (PBP), analisa dengan parameter ini digunakan untuk menghitung dan menganalisa waktu yang diperlukan untuk mengembalikan investasi awal pembangunan PLTS dengan menggunakan tarif penjualan listrik yang telah dihitung sebelumnya menggunakan metode *Levelized Cost of Energi* (LCoE).
- Analisa parameter *Net Present Value* (NPV), analisa dengan parameter ini digunakan untuk menggambarkan sebuah pendapatan yang diperoleh dimasa depan yang bunganya telah dibayar diawal atau diskonto. Analisa nya adalah Apabila $NPV > 0$ artinya investasi yang dilakukan memberikan manfaat bagi perusahaan atau yang menjalankan proyek tersebut, $NPV < 0$ investasi tidak layak dijalankan atau merugikan dan $NPV = 0$ investasi tidak untung dan tidak rugi.
- Analisa parameter *Internal Rate of Return* (IRR), analisa dengan parameter ini digunakan untuk menganalisa dan mendapatkan tingkat bunga yang menyamakan total nilai sekarang penerimaan arus kas yang diharapkan dengan total nilai sekarang yang diperlukan untuk investasi. Dengan kriteria analisa adalah ditentukan oleh nilai IRR yang didapatkan, jika nilai IRR lebih besar dari nilai suku bunga yang umum berlaku maka proyek diterima dan sebaliknya proyek ditolak apabila nilai IRR lebih kecil dari suku bunga yang berlaku.
- Analisa parameter *profitability index* (PI), analisa dengan parameter ini digunakan perbandingan antara nilai sekarang penerimaan arus kas dengan nilai sekarang pengeluaran arus kas. Sebagai kriteria dalam menentukan penerimaan proyek ditentukan dari nilai PI, proyek dinyatakan diterima apabila nilai PI nya sama atau lebih besar dari 1, sedangkan sebaliknya proyek ditolak apabila nilainya lebih kecil dari 1.
- Analisa parameter *gross benefit ratio* (*gross B/C*), analisa dengan parameter ini digunakan nilai perbandingan antara *present value* (*PV benefit*) deng`an *present value* biaya (*PV cost*).

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Analisa

Pada penelitian tarif penjualan listrik pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) FTI UII 5 kWp, kapasitas 5 kWp dipilih karena menggambarkan sistem pembangkit listrik berskala kecil dan juga menjadi sistem yang digunakan untuk *backup* energi listrik dari total kapasitas pembangkit listrik tenaga surya FTI UII sebesar 10 kWp. Analisa keekonomian tarif listrik pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) FTI UII menggunakan metode *life cycle cost* (LCC) dan perhitungan *levelized cost of energi* (LCoE) sebagai dasar dalam penentuan tarif penjualan listrik pada pembangkit listrik tenaga surya. Pada penelitian tarif penjualan listrik yang telah ditentukan sebelumnya untuk menganalisa kelayakan ekonomi dari tarif penjualan listrik dengan menggunakan lima parameter kelayakan ekonomi, yaitu parameter *Net Present Value* (NPV), parameter *Internal Rate of Return* (IRR), parameter *Pay Back Period* (PBP), parameter *Profitability Index* (PI) dan juga parameter *Gross Benefit Rasio* (*gross B/C*) dengan tujuan melihat sisi keuntungan dari tarif penjualan listrik pembangkit listrik tenaga surya FTI UII yaitu dari sisi ekonomis dan melihat keuntungan atau profit yang didapat dari investasi yang dilakukan untuk pembangunan sistem pembangkit listrik tenaga surya FTI UII dengan melihat energi yang dihasilkan selama waktu *lifetime* sistem pembangkit listrik tenaga surya yaitu selama 25 tahun.

4.2 Hasil Perhitungan dan Analisa Metode *Life Cycle Cost* (LCC)

Pada perhitungan dengan metode *life cycle cost* (LCC) dilakukan untuk mengetahui seluruh biaya yang digunakan dalam pembangunan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) FTI UII. Pada perhitungan dengan menggunakan metode *life cycle cost* (LCC) ini membutuhkan data – data keseluruhan biaya investasi yang meliputi biaya pemasangan, biaya operasi dan *maintenance*, biaya *support* dan *cable* dan juga biaya seluruh pergantian komponen dari pembangunan PLTS. Mulai dari biaya komponen yang meliputi biaya modul surya, baterai, inverter, *solar charge controller*, dan biaya pergantian komponen selama *lifetime* sistem pembangkit listrik tenaga surya tersebut. Dari hasil pengambilan data yang sudah dilakukan berikut adalah data – data keseluruhan biaya investasi dan pergantian komponen pembangkit listrik tenaga surya FTI UII seperti pada tabel 4.1 sebagai berikut.

Tabel 4.1 Investasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya FTI UII

NO	Nama Biaya	Harga Satuan	Jumlah	Total Harga (Rp)	Lifetime (tahun)	Invest cost 25 tahun (Rp)
1	Modul PV (260 Wp)	Rp.2.500.000	21	Rp.52.500.000	25	Rp.52.500.000
2	Baterai (2,2 kWh)	Rp.9.000.000	2	Rp.18.000.000	5	Rp.90.000.000
3	MPPT Solar Charge Controler	Rp.5.000.000	2	Rp.10.000.000	5	Rp.50.000.000
4	Support + Cable	Rp.35.000.000	1	Rp.35.000.000	25	Rp.35.000.000
5	Inverter	Rp.40.000.000	2	Rp.80.000.000	15	Rp.160.000.000
6	Biaya Pemasangan	Rp.28.000.000	1	Rp.28.000.000	25	Rp.28.000.000
7	Operation and Maintenance	Rp.2.500.000	25	Rp.37.500.000	25	Rp.37.500.000
Total Invest cost awal tahun 0				Rp.261.000.000		

Dari data tabel diatas pada sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) FTI UII 5 kWp atau dengan power 5000 Wp tersebut memerlukan biaya investasi awal atau *invest cost* awal yaitu sebesar Rp.261.000.000 dengan menjumlahkan seluruh biaya – biaya yang diperlukan dalam pembangunan pembangkit tenaga surya FTI UII. Selanjutnya dalam menghitung keseluruhan biaya yang digunakan untuk membangun PLTS, biaya pergantian komponen, dan biaya keseluruhan selama *lifetime* sistem PLTS yaitu selama 25 tahun menggunakan metode perhitungan *life cycle cost* (LCC). Perhitungan dengan metode LCC menggunakan formulasi rumus sesuai dengan persamaan 2.1 yaitu sebagai berikut.

$$LCC = 52.500.000 + 90.000.000 + 50.000.000 + 35.000.000 + 160.000.000 + 28.000.000 + 37.500.000$$

$$LCC = \text{Rp. } 453.000.000$$

Dari perhitungan *life cycle cost* diatas diketahui bahwa biaya keseluruhan dari pembangunan PLTS FTI UII dengan umur pakai atau *lifetime* adalah senilai Rp. 453.000.000. Dengan mengetahui hasil biaya investasi keseluruhan pembangkit listrik tenaga surya FTI UII

menggunakan metode LCC, maka selanjutnya hasil perhitungan ini akan menjadi dasar dalam penentuan tarif penjualan listrik pembangkit listrik tenaga surya FTI UII dengan menggunakan perhitungan *levelized cost of energi* (LCoE) untuk menentukan harga tarif penjualan listrik dari PLTS FTI UII tersebut.

4.3 Hasil Perhitungan dan Analisa *levelized cost of energy* (LCoE)

Levelized cost of energy (LCoE) sebuah metode perhitungan untuk menentukan harga tarif penjualan listrik dalam sebuah sistem pembangkit listrik. Metode perhitungan LCoE dihasilkan yaitu dengan cara membagi total *present value life cycle cost* (LCC) dengan total *present value energi* yang dibangkitkan oleh sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Dalam perhitungan LCoE sendiri memerlukan data pembangkitan atau data produksi dari pembangkit listrik tenaga surya sebagai parameter yang digunakan untuk menghitung tarif penjualan listrik PLTS. Data pembangkitan energi PLTS didapatkan secara *real time* melalui *portal web solax-portal*. Data pembangkitan energi listrik PLTS FTI UII dapat dilihat pada tabel 4.2 untuk produksi energi listrik PLTS FTI UII pada tahun 2017 sebagai berikut.

Tabel 4.2 data produksi energi listrik tahun 2017

No	Bulan	Produksi Listrik
1	Maret 2017	698,7 kWh
2	April 2017	570,7 kWh
3	Mei 2017	564,4 kWh
4	Juni 2017	339,63 kWh
5	Juli 2017	493,79 kWh
6	Agustus 2017	713,4 kWh
7	September 2017	816,8 kWh
8	Oktober 2017	877,3 kWh
9	November 2017	702,6 kWh
10	Desember 2017	925,3 kWh
Total Produksi Listrik		6702,62 kWh

Dari data produksi listrik tahun 2017 diatas dapat diketahui produksi energi listrik PLTS FTI UII pada tahun 2017 adalah sebesar 6702,62 kWh. Selanjutnya untuk produksi energi listrik pada tahun 2018 dapat lihat pada tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4.3 data produksi energi listrik tahun 2018

No	Bulan	Produksi Listrik
1	Januari 2018	684,5 kWh
2	Februari 2018	661,8 kWh
3	Maret 2018	479,1 kWh
4	April 2018	336,1 kWh
5	Mei 2018	271,9 kWh
6	Juni 2018	132,6 kWh
7	Juli 2018	358,6 kWh
8	Agustus 2018	641,8 kWh
9	September 2018	492,4 kWh
10	Oktober 2018	0 kWh
11	November 2018	0 kWh
12	Desember 2018	64,1 kWh
Total Produksi Listrik		4122,9 kWh

Dari data produksi listrik tahun 2018 diatas dapat diketahui produksi energi listrik PLTS FTI UII pada tahun 2018 adalah sebesar 4122,9 kWh. Selanjutnya untuk produksi energi listrik pada tahun 2019 dapat lihat pada tabel 4.4 sebagai berikut.

Tabel 4.4 data produksi energi listrik tahun 2019

No	Bulan	Produksi Listrik
1	Januari 2019	926 kWh
2	Februari 2019	834,9 kWh
3	Maret 2019	731,9 kWh
4	April 2019	633,3 kWh
5	Mei 2019	505,1 kWh
6	Juni 2019	453,6 kWh
7	Juli 2019	488,7 kWh
8	Agustus 2019	647,2 kWh
9	September 2019	859 kWh
10	Oktober 2019	1106,9 kWh
11	November 2019	1184 kWh
12	Desember 2019	985,4 kWh
Total Produksi Listrik		9356 kWh

Data diatas adalah data pembangkitan energi listrik dari pembangkit listrik tenaga surya FTI UII selama 3 tahun penggunaan pembangkit listrik tenaga surya FTI UII mulai dari tahun 2017 sampai dengan tahun 2019 yang didapat melalui sistem *monitoring solax portal*. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa total produksi energi listrik selama 3 tahun dari pembangkit listrik tenaga surya FTI UII yaitu sebesar 20181,52 kWh sehingga dapat diketahui untuk pembangkitan energi listrik PLTS FTI UII selama *lifetime* sistem selama 25 tahun yaitu sebesar 161452,16 kWh. Dari data LCC sebelumnya yaitu sebesar Rp.453.000.000. Berikut adalah perhitungan *leveized cost of energy* (LCoE) untuk menentukan harga tarif jual listrik PLTS dengan menggunakan persamaan 2.2 sebagai berikut.

$$LCoE = \frac{\frac{LCC}{(1+r)^t}}{\frac{Et}{(1+r)^t}}$$

$$= \frac{\frac{Rp.453.000.000}{(1+0,05)^{25}}}{\frac{161452,16}{(1+0,05)^{25}}}$$

$$= \frac{134.023.668,6}{47766,91}$$

$$LCoE = Rp. 2805/kWh$$

Dari perhitungan LCoE diatas didapat hasil perhitungan untuk tarif penjualan listrik pembangkit listrik tenaga surya FTI UII adalah sebesar Rp. 2.805/kWh. Harga tarif penjualan listrik ini masih dibawah dari harga patokan tertinggi tarif penjualan listrik untuk sistem pembangkit listrik tenaga surya yang telah ditentukan oleh pemerintah melalui kepmen ESDM no 17 tahun 2013 yaitu sebesar US \$ 30 Sen/ kWh. Sehingga dengan tarif penjualan Rp. 2.805/kWh ini layak untuk diajukan sebagai harga tarif penjualan listrik untuk pembangkit listrik tenaga surya FTI UII.

4.4 Analisa Kelayakan Ekonomi

Analisa kelayakan ekonomi digunakan untuk mengevaluasi pengembalian investasi dari proyek yang di bangun. Analisa kelayakan ekonomi dalam penelitian ini sendiri digunakan untuk mengevaluasi dan menganalisa tarif penjualan listrik yang telah ditentukan sebelumnya secara ekonomis dianggap layak atau tidak layak dengan menggunakan harga penjualan listrik tersebut. Dalam analisa kelayakan ekonomi yang dilakukan menggunakan beberapa parameter kelayakan ekonomi untuk mengevaluasi tarif penjualan listrik yaitu, parameter *pay back periode* (PBP), *net present value* (NPV), *internal rate of return* (IRR), *profitability index* (PI), dan *gross benefit ratio* (*gross B/C*). Dengan menggunakan analisa kelayakan ekonomi menggunakan parameter diatas dapat diketahui layak atau tidak layak suatu investasi yang telah dikeluarkan untuk membangun pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) FTI UII.

4.4.1 Hasil Perhitungan dan Analisa Pay Back Periode (PBP)

Parameter *pay back periode* (PBP) digunakan untuk menghitung dan mengetahui seberapa lama waktu pengembalian modal investasi dalam sebuah proyek yang telah dibangun dari aliran kas masuk yang didapat. Perhitungan *pay back periode* (PBP) sendiri yaitu dengan cara membagi biaya investasi keseluruhan sistem yang bernilai Rp.453.000.000 dengan aliran kas masuk atau keuntungan yang didapat selama 25 tahun melalui penjualan energi listrik yang dihasilkan menggunakan tarif penjualan listrik sebesar Rp.2.805/kWh. Dengan tarif penjualan listrik yang telah dihitung sebelumnya dan produksi energi listrik pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) FTI UII mampu menghasilkan Rp.18.869.721,2 selama setahun dengan rata – rata pembangkitan energi listrik selama 3 tahun yaitu menjadi sebesar 6727,173 kWh per tahun, sehingga dalam 25 tahun pendapatan yang didapat adalah sebesar Rp.471.743.030. Selanjutnya untuk menghitung *pay back periode* (PBP) menggunakan persamaan 2.3 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Pay Back Periode (t)} &= \frac{\text{Biaya Investasi Keseluruhan}}{\text{Pendapatan Pertahun}} \\ &= \frac{\text{Rp. 453.000.000}}{\text{Rp. 18.869.721,2}} \end{aligned}$$

$$\text{Pay Back Periode (t)} = 24 \text{ atau } 24 \text{ tahun}$$

Dari perhitungan diatas, untuk mengembalikan modal investasi keseluruhan atau biaya LCC memerlukan waktu selama 24 tahun, hasil ini menunjukkan bahwa dengan tarif penjualan listrik Rp. 2.805,- / kWh bisa diterima karena total biaya investasi awal dari PLTS FTI UII akan

bisa ditutupi sebelum habis masa *lifetime* atau umur pakai dari PLTS yaitu selama 25 tahun. Dari data hasil perhitungan *pay back periode* diatas diketahui investasi awal pembangunan sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) FTI UII memerlukan waktu pengembalian investasi keseluruhan selama 24 tahun, ini artinya pada tahun ke 24 PLTS FTI UII dapat membangun kembali sistem pembangkit listrik yang sama seperti sebelumnya yaitu sistem PLTS dengan kapasitas sebesar 5 kWp.

4.4.2 Hasil Perhitungan dan Analisa *Net Present Value* (NPV)

Net Present Value (NPV) adalah sebuah parameter yang menggambarkan sebuah pendapatan yang diperoleh dimasa depan yang bunganya telah dibayar diawal atau diskonto. [12] Nilai NPV adalah nilai selisih dari *Future Value* atau total pendapatan bersih (*netto benefit*) dengan nilai *present value* sistem atau investasi awal pembangunan sistem. Tujuan dari perhitungan NPV adalah digunakan untuk menghitung alokasi modal untuk menganalisa keuntungan dalam sebuah proyek yang dilaksanakan agar dapat membangun proyek yang sama di masa depan.

Data yang diperlukan untuk mencari nilai NPV berupa biaya investasi, biaya perawatan serta perbaikan, dan pendapatan bersih atau *netto benefit* yang diperoleh dari pendapatan kotor atau *brutto benefit* yang telah di diskonto dengan tingkat suku bunga yang berlaku. Nilai *net present Value* dihitung dengan melihat total pendapatan bersih atau *netto benefit* untuk mendapatkan nilai *future value* sebuah sistem, kemudian nilai *future value* atau total pendapatan bersih (*netto benefit*) dibandingkan dengan nilai dari *present value* sistem atau investasi awal pembangkit. Dengan kriteria jika nilai dari NPV bernilai positif maka investasi Dengan biaya investasi awal pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yaitu sebesar Rp.261.000.000 dan data pendapatan pertahun dari penjualan energi yang diproduksi oleh PLTS FTI UII yaitu sebesar Rp.18.869.721 dengan tingkat suku bunga acuan tahun 2019 sebesar 5% maka nilai dari NPV dapat dicari dengan menggunakan persamaan 2.4 sebagai berikut.

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{R_t}{(1+i)^t} - C_o$$

Sehingga nilai NPV dapat dilihat pada tabel 4.5 sebagai berikut.

Tabel 4.5 *Net present Value* pembangkit listrik tenaga surya FTI UII

Tahun	Biaya Investasi	Kas masuk	Bunga	Nilai Kas
0	Rp. 261.000.000		1,00	Rp. 261.000.000
1		Rp. 18.869.721	1,05	Rp. 17.971.163
2		Rp. 18.869.721	1,102	Rp. 17.123.159
3		Rp. 18.869.721	1,157	Rp. 16.309.180
4		Rp. 18.869.721	1,215	Rp. 15.530.635
5		Rp. 18.869.721	1,276	Rp. 14.788.183
6		Rp. 18.869.721	1,34	Rp. 14.081.881
7		Rp. 18.869.721	1,407	Rp. 13.411.316
8		Rp. 18.869.721	1,477	Rp. 12.775.708
9		Rp. 18.869.721	1,551	Rp. 12.166.165
10		Rp. 18.869.721	1,628	Rp. 11.590.738
11		Rp. 18.869.721	1,71	Rp. 11.034.925
12		Rp. 18.869.721	1,795	Rp. 10.512.379
13		Rp. 18.869.721	1,885	Rp. 10.010.462
14		Rp. 18.869.721	1,979	Rp. 9.534.977,9
15		Rp. 18.869.721	2,078	Rp. 9.080.712,8
16		Rp. 18.869.721	2,182	Rp. 8.647.901,6
17		Rp. 18.869.721	2,292	Rp. 8.232.862,7
18		Rp. 18.869.721	2,406	Rp. 7.842.776,9
19		Rp. 18.869.721	2,526	Rp. 7.470.198,4
20		Rp. 18.869.721	2,653	Rp. 7.112.597,5
21		Rp. 18.869.721	2,785	Rp. 6.775.483,4
22		Rp. 18.869.721	2,925	Rp. 6.451.186,7
23		Rp. 18.869.721	3,071	Rp. 6.144.487,5
24		Rp. 18.869.721	3,225	Rp. 5.851.076,3
25		Rp. 18.869.721	3,386	Rp. 5.572.865,1
		Total		Rp. 266.023.020
		NPV		Rp. 5.023.020

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{R_t}{(1+i)^t} - C_0$$

$$NPV = \text{Rp. } 266.023.020 - \text{Rp. } 261.000.000$$

$$NPV = \text{Rp. } 5.023.020$$

Tabel 4.2 diatas menunjukkan nilai dari *net present value* (NPV) sebesar Rp. 5.023.020 (bernilai positif). Pada kolom pertama pada tabel menunjukkan umur proyek yang akan dirancang yaitu selama 25 tahun. Kolom kedua pada tabel merupakan biaya investasi awal pada sistem, nilai investasi awal sebesar Rp 261.000.000. Kolom ketiga menunjukkan aliran kas kotor atau *brutto benefit* yang dihasilkan oleh pembangkit sebelum di diskon dari tahun pertama hingga tahun ke-25. Kolom keempat menunjukkan berapa besar bunga bank yang diberi tiap tahun selama 25 tahun. kolom terakhir menunjukkan aliran kas bersih atau *netto benefit* yang diterima pada proyek dengan total nilai *future value* sebesar Rp. 266.023.020. Dari hasil perhitungan NPV diatas nilai yang dihasilkan oleh proyek yang dikerjakan bernilai positif yang menunjukkan bahwa penerimaan yang diperoleh lebih besar daripada nilai investasi. Perhitungan NPV ini dapat digunakan untuk mengevaluasi apakah sebuah proyek layak atau tidak untuk berinvestasi. Dari hasil NPV yang bernilai positif atau > 0 maka investasi pembangunan dari pembangkit listrik tenaga surya FTI UII untuk investasi yang dilakukan memberikan manfaat bagi perusahaan atau yang menjalankan proyek tersebut proyek layak untuk dijalankan.

4.4.3 Hasil Perhitungan dan Analisa *Internal Rate of Return* (IRR)

Parameter IRR adalah parameter yang digunakan untuk mendapatkan tingkat bunga yang menyamakan total nilai sekarang penerimaan arus kas yang diharapkan dengan total nilai sekarang yang diperlukan untuk investasi, dimana untuk menghitung nilai IRR yaitu dengan mencari tingkat suku bunga yang menghasilkan nilai *net present value* (NPV) positif dibandingkan dengan tingkat suku bunga yang menghasilkan nilai *net present value* negatif, kemudian nilai IRR dibandingkan dengan tingkat suku bunga pengembalian investasi yang berlaku atau *minimum attractive rate of return* (MARR). [4] Untuk kriteria keputusannya ditentukan oleh nilai IRR yang didapatkan, jika nilai IRR lebih besar dari nilai suku bunga pengembalian investasi yang berlaku atau MARR maka proyek diterima dan sebaliknya proyek ditolak apabila nilai IRR lebih kecil dari nilai suku bunga pengembalian investasi yang berlaku atau MARR.. Berikut adalah hasil dari perhitungan nilai NPV negatif dan nilai NPV positif seperti pada tabel 4.6 sebagai berikut.

Tabel 4.6 nilai NPV positif dan NPV negatif

NO	Nama	Bunga	Nilai <i>net present value</i> (NPV)
1	Nilai NPV Positif	5%	Rp. 5.023.020
2	Nilai NPV Negatif	6%	Rp. -19.781.633

Dari data hasil perhitungan NPV negatif dan NPV positif diatas didapatkan hasil bahwa Bunga yang menghasilkan nilai NPV positif adalah 5% atau 0,05 dengan nilai NPV positif sebesar 5.023.020 sedangkan bunga untuk menghasilkan nilai NPV negatif adalah 6% atau 0,06 dengan nilai NPV negatif sebesar -19.781.633 digunakan untuk mencari nilai IRR yaitu tingkat diskonto yang membuat nilai NPV sama dengan nol. Dari data perhitungan NPV tersebut, kemudian selanjutnya dapat menghitung nilai dari IRR sesuai dengan persamaan 2.5 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 IRR &= i^1 + \left\{ \frac{NPV^1}{NPV^1 - NPV^2} (i^1 - i^2) \right\} \\
 &= 5\% + \left\{ \frac{5.023.020}{(5.023.020 - 19.781.633)} \times (5\% - 6\%) \right\} \\
 &= 5\% + (-0,340) \times (-1\%) \\
 &= 5,340 \%
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan IRR diatas menunjukkan hasil sebesar 5,340 %, kemudian nilai IRR dibandingkan dengan nilai tingkat suku bunga pengembalian investasi atau *minimum attractive rate of return* (MARR), dimana nilai IRR ini lebih besar dari nilai tingkat suku bunga pengembalian investasi atau *minimum attractive rate of return* (MARR) sebesar 5%, sesuai dengan kriteria penilaian parameter IRR dengan hasil tersebut maka investasi dan tarif penjualan listrik pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) FTI UII dapat dikatakan layak karena nilai dari $IRR > 5\%$ sesuai dengan kriteria dari parameter IRR.

4.4.4 Hasil Perhitungan dan Analisa *Profitability Index* (PI)

Parameter *profitability index* atau PI adalah perbandingan antara nilai sekarang penerimaan arus kas dengan nilai sekarang pengeluaran arus kas, ini juga dikenal dengan nama parameter *benefit cost ratio*. Pada perhitungan PI memerlukan data biaya investasi keseluruhan atau biaya *life cycle cost* (LCC) dari sistem pembangkit listrik tenaga listrik (PLTS) FTI UII dan biaya penerimaan kas bersih dari PLTS selama umur pakai yaitu 25 tahun. Pada perhitungan sebelumnya diketahui biaya LCC sistem pembangkit listrik tenaga surya adalah sebesar Rp.453.000.000 dan untuk keuntungan dari penjualan energi listrik adalah sebesar

Rp.471.743.030 selama 25 tahun masa pakai dari PLTS FTI UII. Sehingga perhitungan *Profitability Index* dapat dihitung menggunakan persamaan 2.6 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Profitability Index} &= \frac{\text{Present Value Penerimaan}}{\text{Present Value pengeluaran}} \\ &= \frac{\text{Rp.471.743.030}}{\text{Rp.453.000.000}} \end{aligned}$$

$$\text{Profitability Index} = 1,041$$

Dari perhitungan diatas, didapat nilai dari *Profitability Index* adalah sebesar 1,041. Sesuai dengan kriteria dari parameter *Profitability Index* yaitu proyek dinyatakan diterima apabila nilai PI nya sama atau lebih besar dari 1, sedangkan sebaliknya proyek ditolak apabila nilainya lebih kecil dari 1. Dari hasil diatas diketahui bahwa nilai dari $PI > 1$ yaitu bernilai 1,041, ini artinya investasi proyek pembangunan PLTS FTI UII dengan menggunakan harga tarif penjualan listrik Rp. 2.805/kWh dinyatakan layak untuk diterima dan dijalankan sesuai dengan analisis kelayakan penilaian parameter *Profitability Index* tersebut.

4.4.5 Hasil Perhitungan dan Analisa *Gross Benefit Rasio (Gross B/C)*

Parameter *gross benefit rasio (gross B/C)* adalah parameter yang digunakan sebagai analisa kelayakan ekonomi dengan parameter yang digunakan adalah nilai perbandingan antara *present value (PV benefit)* dengan *present value biaya (PV cost)*. Nilai *PV benefit* dari pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) selama 25 tahun adalah senilai Rp.471.743.030 dan nilai dari *PV cost* adalah sebesar Rp.453.000.000, dengan data tersebut dapat menghitung nilai *gross B/C* dengan menggunakan persamaan 2.7 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Gross B/C} &= \frac{\sum_{t=1}^n \frac{Bt}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{Ct}{(1+i)^t}} \\ &= \frac{\frac{471.743.030}{(1+0,05)^{25}}}{\frac{453.000.000}{(1+0,05)^{25}}} \\ &= \frac{\frac{471.743.030}{3,386}}{\frac{453.000.000}{3,386}} \\ &= \frac{139.321.627,3}{133.786.178,4} \end{aligned}$$

$$\text{Gross B/C} = 1,04$$

Dari hasil perhitungan diatas, didapat nilai dari *gross B/C* sebesar 1,04. Sesuai dengan kriteria penilaian parameter *gross B/C* yaitu proyek dinyatakan diterima atau layak apabila nilai *gross B/C* nya lebih besar dari 1, sebaliknya proyek ditolak apabila nilai *gross B/C* lebih kecil dari 1 dan proyek dinyatakan dalam keadaan *break even point (BEP)* apabila nilai *gross B/C* = 1.

Dari hasil perhitungan diatas nilai *gross B/C* adalah sebesar 1,04 atau nilainya lebih besar dari 1, ini artinya investasi proyek pembangunan PLTS FTI UII dengan menggunakan harga tarif penjualan listrik Rp. 2.805/kWh dinyatakan layak untuk diterima dan dijalankan sesuai dengan analisis kelayakan penilaian parameter *gross B/C* tersebut.



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian tentang Analisa Keekonomian Tarif Penjualan Listrik Pembangkit Listrik Tenaga Surya FTI UII 5 kWp dengan menggunakan Metode *Life Cycle Cost* (LCC) adalah sebagai berikut :

1. Hasil dari perhitungan tarif penjualan listrik pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) FTI UII dengan menggunakan metode *Life Cycle Cost* (LCC) didapatkan hasil penjualan listrik sebesar Rp. 2.805/kWh.
2. Hasil dari perhitungan tarif penjualan listrik pembangkit listrik tenaga surya FTI UII, yaitu dengan memasukkan seluruh biaya investasi pembangunan pembangkit ini, maka didapatkan hasil tarif penjualan listrik sebesar Rp. 2.805/kWh dengan nilai kurs sekarang yaitu 1 US \$ = Rp.14.500, maka setara dengan US \$ 19,35 sen/kWh. kalau dilihat dari Permen no. 17 tahun 2013, menunjukkan bahwa perhitungan tarif penjualan listrik ini masih berada dalam range harga patokan tertinggi yang besarnya US \$ 30 sen/kWh atau sekitar Rp. 4.350/kWh, sehingga proyek investasi pembangunan PLTS ini sangat layak untuk diajukan dan diterima.
3. Hasil studi kelayakan ekonomi terhadap tarif penjualan listrik pembangkit listrik tenaga surya FTI UII yaitu senilai Rp. 2.805/kWh dengan menggunakan lima parameter kelayakan ekonomi menunjukkan hasil yang dapat menerima harga penjualan listrik tersebut, ini artinya bahwa secara ekonomi tarif penjualan listrik ini memberikan *profit* atau keuntungan kepada pengelola.

5.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk menambah beberapa metode sebagai dasar dalam penentuan harga penjualan tarif listrik agar dapat dibandingkan dengan perhitungan metode yang lainnya dan juga menambahkan parameter analisa kelayakan ekonomi yang lebih banyak lagi parameter sebagai standar dalam menentukan tarif penjualan listrik dari segi ekonomis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, Jakarta 17 Oktober 2014.
- [2] Peraturan Pemerintah No 9 tahun 2006 tentang Blueprint Pengelolaan Energi Nasional 2006 - 2025, Lembaran Negara Sesuai Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006.
- [3] Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2013 Tentang Pembelian Tenaga Listrik Oleh PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) Dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya Fotovoltaik.
- [4] I. B. Ketut Sugirianta, I. Giriantari, and I. N. Satya Kumara, "Analisa Keekonomian Tarif Penjualan Listrik Pembangkit Listrik Tenaga Surya 1 MWp Bangli Dengan Metode Life Cycle Cost," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 15, no. 2, hlm. 121–126, 2017.
- [5] A. Gandiar, "Analisis Penentuan Tarif Harga Listrik PLTS Layak untuk Pulau Kabung Bengkayang Kalimantan Barat," *Sains dan Teknologi*, vol. 2, no. 1, hlm. 1–9, 2015.
- [6] G. H. Sihotang, *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop di Hotel Kini Pontianak*. Skripsi, tidak diterbitkan, Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, 2019
- [7] Y. Kiki, *Analisis Tekno-Ekonomi Terhadap Desain Sistem PLTS Pada Bangunan Komersial di Surabaya, Indonesia*. Skripsi, Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2017.
- [8] K. S. A.K. Shukla, "Design, Simulation and Economic Analysis of Standalone Roof Top Solar PV System in India," *Solar Energy*, vol. 136, no 3, hlm. 437–449, 2016.
- [9] A. R. Hakim, W. Sarwono, and L. Assadad, "Perancangan Sistem Photovoltaic untuk Mesin Pembuat Es di Pelabuhan Perikanan Sadeng," vol. 7, no. 2, hlm. 228–235, 2018.
- [10] B.S. Dhillon, *Life Cycle Costing For Engineers*, Crc Press, Taylor & Francis Group, 2010.
- [11] D. Friedman, "Levelized Cost of Electricity Renewable Energy Technologies Study November 2013," *Fraunhofer Institut for Solar Energy Systems Ise*, vol. 22, no. 1, hlm. 99–131, 2013.
- [12] M. Farid, *Analisa Perancangan Sistem Pembangkit Tenaga Hibrida di Pantai Seruni, Kabupaten Bantaeng, Sulawesi Selatan*. Skripsi, Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia, 2018.
- [13] Z. Faridha, *Analisa Kelayakan Finansial Usaha Perkebunan Kopi Arabika di Kebun Kalasit Jampit Wilayah II PTPN XII Bondowoso*. Skripsi, Fakultas Pertanian Universitas Jember, 2017.

LAMPIRAN

1.Data hasil perhitungan *net present value* (NPV) positif dengan tingkat suku bunga acuan 5%

Tahun	Biaya Investasi	Kas masuk	Bunga	Nilai Kas
0	Rp. 261.000.000		1,00	Rp. 261.000.000
1		Rp. 18.869.721	1,05	Rp. 17.971.163
2		Rp. 18.869.721	1,102	Rp. 17.123.159
3		Rp. 18.869.721	1,157	Rp. 16.309.180
4		Rp. 18.869.721	1,215	Rp. 15.530.635
5		Rp. 18.869.721	1,276	Rp. 14.788.183
6		Rp. 18.869.721	1,34	Rp. 14.081.881
7		Rp. 18.869.721	1,407	Rp. 13.411.316
8		Rp. 18.869.721	1,477	Rp. 12.775.708
9		Rp. 18.869.721	1,551	Rp. 12.166.165
10		Rp. 18.869.721	1,628	Rp. 11.590.738
11		Rp. 18.869.721	1,71	Rp. 11.034.925
12		Rp. 18.869.721	1,795	Rp. 10.512.379
13		Rp. 18.869.721	1,885	Rp. 10.010.462
14		Rp. 18.869.721	1,979	Rp. 9.534.977,9
15		Rp. 18.869.721	2,078	Rp. 9.080.712,8
16		Rp. 18.869.721	2,182	Rp. 8.647.901,6
17		Rp. 18.869.721	2,292	Rp. 8.232.862,7
18		Rp. 18.869.721	2,406	Rp. 7.842.776,9
19		Rp. 18.869.721	2,526	Rp. 7.470.198,4
20		Rp. 18.869.721	2,653	Rp. 7.112.597,5
21		Rp. 18.869.721	2,785	Rp. 6.775.483,4
22		Rp. 18.869.721	2,925	Rp. 6.451.186,7
23		Rp. 18.869.721	3,071	Rp. 6.144.487,5
24		Rp. 18.869.721	3,225	Rp. 5.851.076,3
25		Rp. 18.869.721	3,386	Rp. 5.572.865,1
		Total		Rp. 266.023.020
		NPV		Rp. 5.023.020

2. Data hasil perhitungan *net present value* (NPV) negatif dengan tingkat suku bunga acuan 6%

Tahun	Biaya Investasi	Kas masuk	Bunga	Nilai Kas
0	Rp. 261.000.000		1,00	Rp. 261.000.000
1		Rp. 18.869.721	1,06	Rp. 17.801.624
2		Rp. 18.869.721	1,1236	Rp. 16.793.985
3		Rp. 18.869.721	1,191016	Rp. 15.843.382
4		Rp. 18.869.721	1,262477	Rp. 14.946.587
5		Rp. 18.869.721	1,338226	Rp. 14.100.553
6		Rp. 18.869.721	1,418519	Rp. 13.302.409
7		Rp. 18.869.721	1,50363	Rp. 12.549.442
8		Rp. 18.869.721	1,593848	Rp. 11.839.097
9		Rp. 18.869.721	1,689479	Rp. 11.168.959
10		Rp. 18.869.721	1,790848	Rp. 10.536.754
11		Rp. 18.869.721	1,898299	Rp. 9.940.333,7
12		Rp. 18.869.721	2,012196	Rp. 9.377.673,3
13		Rp. 18.869.721	2,132928	Rp. 8.846.861,6
14		Rp. 18.869.721	2,260904	Rp. 8.346.095,9
15		Rp. 18.869.721	2,396558	Rp. 7.873.675,4
16		Rp. 18.869.721	2,540352	Rp. 7.427.995,6
17		Rp. 18.869.721	2,692773	Rp. 7.007.543
18		Rp. 18.869.721	2,854339	Rp. 6.610.889,7
19		Rp. 18.869.721	3,0256	Rp. 6.236.688,4
20		Rp. 18.869.721	3,207135	Rp. 5.883.668,3
21		Rp. 18.869.721	3,399564	Rp. 5.550.630,4
22		Rp. 18.869.721	3,603537	Rp. 5.236.443,8
23		Rp. 18.869.721	3,81975	Rp. 4.940.041,3
24		Rp. 18.869.721	4,048935	Rp. 4.660.416,3
25		Rp. 18.869.721	4,291871	Rp. 4.396.619,2
		Total		Rp. 241.218.367
		NPV		Rp. -19.781.633

3.Data tingkat suku bunga acuan Bank Indonesia

bi.go.id

Tanggal	BI 7-Day	Siaran Pers
18 Juni 2020	4.25 %	Pranala Siaran Pers
19 Mei 2020	4.50 %	Pranala Siaran Pers
14 April 2020	4.50 %	Pranala Siaran Pers
19 Maret 2020	4.50 %	Pranala Siaran Pers
20 Februari 2020	4.75 %	Pranala Siaran Pers
23 Januari 2020	5.00 %	Pranala Siaran Pers
19 Desember 2019	5.00 %	Pranala Siaran Pers
21 Nopember 2019	5.00 %	Pranala Siaran Pers
24 Oktober 2019	5.00 %	Pranala Siaran Pers
19 September 2019	5.25 %	Pranala Siaran Pers
22 Agustus 2019	5.50 %	Pranala Siaran Pers
18 Juli 2019	5.75 %	Pranala Siaran Pers
10 Juni 2019	6.00 %	Pranala Siaran Pers
16 Mei 2019	6.00 %	Pranala Siaran Pers
25 April 2019	6.00 %	Pranala Siaran Pers
21 Maret 2019	6.00 %	Pranala Siaran Pers
21 Februari 2019	6.00 %	Pranala Siaran Pers
17 Januari 2019	6.00 %	Pranala Siaran Pers
20 Desember 2018	6.00 %	Pranala Siaran Pers
15 Nopember 2018	6.00 %	Pranala Siaran Pers
23 Oktober 2018	5.75 %	Pranala Siaran Pers
27 September 2018	5.75 %	Pranala Siaran Pers
15 Agustus 2018	5.50 %	Pranala Siaran Pers
19 Juli 2018	5.25 %	Pranala Siaran Pers
29 Juni 2018	5.25 %	Pranala Siaran Pers
30 Mei 2018	4.75 %	Pranala Siaran Pers
17 Mei 2018	4.50 %	Pranala Siaran Pers

4. Peraturan menteri ESDM no 17 tahun 2016 tentang pembelian energi listrik dari pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) fotovoltaik

jdih.esdm.go.id

BAB II
HARGA PEMBELIAN TENAGA LISTRIK
DARI PLTS FOTOVOLTAIK

Pasal 3

- (1) Pembelian tenaga listrik dari PLTS Fotovoltaik sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 untuk semua kapasitas terpasang ditetapkan dengan harga patokan tertinggi sebesar US\$ 25 sen/kWh (dua puluh lima sen dolar Amerika Serikat per kilo watt hour).
- (2) Pembelian tenaga listrik sebagaimana dimaksud pada ayat (1), jika PLTS Fotovoltaik menggunakan modul fotovoltaik dengan tingkat komponen dalam negeri sekurang-kurangnya 40% (empat puluh persen), diberikan insentif dan ditetapkan dengan harga patokan tertinggi sebesar US\$ 30 sen/kWh (tiga puluh sen dolar Amerika Serikat per kilo watt hour).
- (3) Ketentuan mengenai tingkat komponen dalam negeri dilaksanakan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.
- (4) Dirjen ...

- (4) Dirjen EBTKE melakukan verifikasi terhadap pelaksanaan penggunaan modul fotovoltaik dengan tingkat komponen dalam negeri sekurang-kurangnya 40% (empat puluh persen) sebagaimana dimaksud pada ayat (2).
- (5) Dalam hal hasil verifikasi menyatakan pelaksanaan penggunaan modul fotovoltaik dengan tingkat komponen dalam negeri kurang dari 40% (empat puluh persen), maka penetapan Kuota Kapasitas dibatalkan.