



**USAID**  
DARI RAKYAT AMERIKA

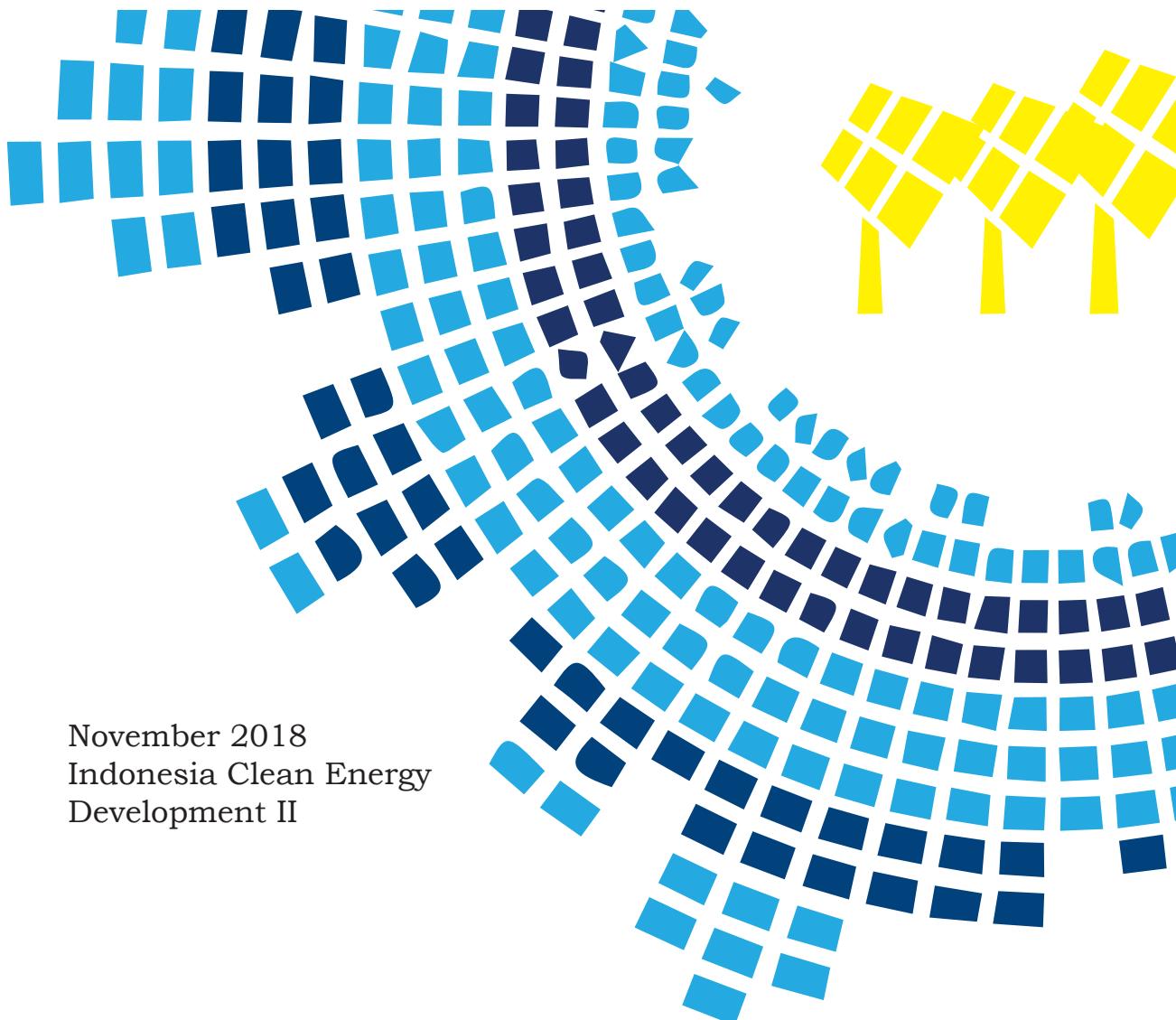


# PANDUAN

## STUDI KELAYAKAN

## PEMBANGKIT LISTRIK

## TENAGA SURYA (PLTS) TERPUSAT



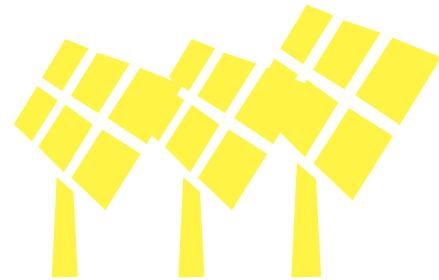
November 2018  
Indonesia Clean Energy  
Development II



**USAID**  
DARI RAKYAT AMERIKA



PANDUAN STUDI KELAYAKAN  
PEMBANGKIT LISTRIK  
TENAGA SURYA (PLTS) TERPUSAT



INDONESIA CLEAN ENERGY  
DEVELOPMENT II

NOVEMBER 2018



# Kata Pengantar

## **Tim Penyusun:**

Bayuaji Kencana

Budi Prasetyo

Hanny Berchmans

Imas Agustina

Puteri Myrasandri

Raymond Bona

Richard Randy Panjaitan

Winne

## **Disusun untuk:**

Direktorat Aneka Energi Baru dan Terbarukan

Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

## **Disusun oleh:**

Tetra Tech ES, Inc.

Menara Jamsostek, Tower Utara, Lantai 14

Jalan Gatot Subroto No. 38

Jakarta Selatan 12710 Indonesia

Tel. +62-21-5296-2325

Fax +62-21-5296-2326

[www.iced.or.id](http://www.iced.or.id)

## **DISCLAIMER:**

Informasi yang tersedia dalam Buku Panduan ini bukan merupakan pernyataan resmi Pemerintah

Amerika Serikat dan bukan juga mewakili pendapat maupun posisi USAID/Pemerintah Amerika Serikat.

ICED adalah program yang didanai oleh USAID dan dilaksanakan oleh Tetra Tech.

Target Pemerintah untuk mencapai rasio elektrifikasi 100% di seluruh Indonesia melalui penyediaan akses listrik terutama di daerah-daerah terdepan, terluar, tertinggal dan terisolir (4T), adalah salah satu tugas penting bagi Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi (EBTKE). Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat, sebagai salah satu sumber energi terbarukan telah mengambil peran penting dalam pencapaian target rasio elektrifikasi tersebut.

Dalam perkembangannya, penyediaan akses listrik tidak hanya ditujukan untuk pemenuhan kebutuhan konsumtif, tetapi juga sebagai akselerasi peningkatan perekonomian di daerah sehingga memberikan dukungan terhadap kesejahteraan masyarakat. Dalam rangka pencapaian tujuan tersebut, perencanaan pengembangan PLTS Terpusat yang selaras dengan perencanaan peningkatan perekonomian masyarakat menjadi pertimbangan penting dalam penentuan lokasi pembangunan PLTS Terpusat oleh Pemerintah Daerah. Dalam hal ini, proses studi kelayakan PLTS Terpusat menjadi salah satu tahapan penting untuk memastikan operasional dan pemanfaatan PLTS Terpusat secara berkelanjutan.

Untuk meningkatkan kualitas studi kelayakan PLTS Terpusat oleh Pemerintah Daerah, maka pada tahun 2018 Direktorat Aneka Energi Baru dan Energi Terbarukan, Ditjen EBTKE - KESDM bekerja sama dengan USAID ICED II melakukan pemutakhiran Buku Panduan Penyusunan Studi Kelayakan PLTS Terpusat yang sebelumnya telah disusun pada tahun 2014.

Buku Panduan ini diharapkan menjadi salah satu rujukan bagi Pemerintah Daerah maupun konsultan yang melaksanakan studi kelayakan dan menyusun proposal pembangunan PLTS Terpusat yang didasarkan pada pertimbangan seluruh aspek, baik kebutuhan listrik (*demand*), sosial, budaya, ekonomi maupun aspek lingkungan.

Akhirmnya, kami berharap semoga Buku Panduan Studi Kelayakan PLTS Terpusat ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang berpartisipasi dalam pengembangan energi terbarukan di Indonesia.

Jakarta, November 2018  
Direktur Jenderal Energi Baru,  
Terbarukan dan Konservasi Energi,



Rida Mulyana

# Daftar Isi

KATA PENGANTAR	5
DAFTAR ISI	6
DAFTAR GAMBAR	9
DAFTAR TABEL	10
DAFTAR ISTILAH	11

## BAB I PENDAHULUAN 15

I.1 PENGEMBANGAN PLTS TERPUSAT <i>Off-grid</i>	16
I.2 TENTANG BUKU PANDUAN	16
I.3 BAGAIMANA MENGGUNAKAN BUKU PANDUAN	17

## BAB 2 PERENCANAAN PENYEDIAAN ENERGI PEDESAAN 21

2.1 PEMILIHAN LOKASI DESA DAN POTENSI EBT	22
2.1.1 PEMILIHAN LOKASI DESA	22
2.1.2 PENENTUAN POTENSI EBT	23
2.2. ESTIMASI AWAL KEBUTUHAN LISTRIK DI DESA TERPILIH	24
2.2.1 SEKTOR RUMAH TANGGA	25
2.2.2 FASILITAS UMUM DAN FASILITAS SOSIAL	26
2.2.3 SEKTOR EKONOMI PRODUKTIF	27

## BAB 3 PRINSIP DASAR PLTS DAN PANDUAN SURVEI

### STUDI KELAYAKAN 29

3.1 PRINSIP DASAR PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS)	30
3.1.1 JENIS-JENIS PLTS	30
3.1.2 KOMPONEN UTAMA SISTEM FOTOVOLTAIK	31
3.1.3 KOMPONEN LAINNYA (PILIHAN)	36
3.2 PANDUAN SURVEI VERIFIKASI KEBUTUHAN LISTRIK DI LAPANGAN	37
3.2.1 KEBUTUHAN DATA DALAM SURVEI	39
3.2.2 MEMBUAT ANALISIS PROFIL BEBAN	40
3.3 PANDUAN SURVEI ASPEK KELAYAKAN TEKNIS	44
3.3.1 PENILAIAN SUMBER DAYA FOTOVOLTAIK	44
3.3.2 PENENTUAN LOKASI LAHAN/ <i>Site</i> PLTS	47
3.3.3 KEBUTUHAN DATA DALAM SURVEI	48
3.4 PANDUAN SURVEI ASPEK KELAYAKAN KELEMBAGAAN, SOSIAL, DAN BUDAYA	49
3.4.1 KELEMBAGAAN PENGELOLA PLTS	50
3.4.2 FAKTOR SOSIAL DAN BUDAYA MASYARAKAT	53
3.4.3 KEBUTUHAN DATA DALAM SURVEI	55

3.5 PANDUAN SURVEI ASPEK KELAYAKAN LINGKUNGAN	56
3.5.1 CAKUPAN DAN PENYUSUNAN DOKUMEN LINGKUNGAN HIDUP	57
3.5.2 PENURUNAN EMISI GAS RUMAH KACA	58
3.5.3 KEBUTUHAN DATA DALAM SURVEI	59
3.6 DOKUMENTASI SURVEI YANG DIBUTUHKAN	60
3.6.1 DOKUMENTASI FOTO	60
3.6.2 PETA DESA BESERTA ATRIBUTNYA	60

## BAB 4 RANCANGAN TEKNIS SISTEM PLTS 67

4.1 MERANCANG SISTEM PLTS TERPUSAT	68
4.2 PERTIMBANGAN PELETAKAN, INSTALASI, DAN KEAMANAN LOKASI	73
4.2.1 PELETAKAN ( <i>Layout</i> ) MODUL SURYA	73
4.2.2 INSTALASI MODUL SURYA & KEAMANAN LOKASI	75
4.3 GAMBAR TEKNIK DALAM PROPOSAL	75
4.4 INTERKONEKSI PLTS TERPUSAT <i>OFF-GRID</i> KE JARINGAN PLN DI MASA DATANG	77
4.5 RANCANGAN ANGgaran BIAYA PEMBANGUNAN DAN OPERASIONAL PLTS	78
4.5.1 RAB PEMBANGUNAN PLTS TERPUSAT	78
4.5.2 RAB OPERASIONAL DAN PEMELIHARAAN PLTS	79
4.5.3 RENCANA PENTARIFAN	81

## BAB 5 PENYUSUNAN DAN PENGAJUAN PROPOSAL PEMBANGUNAN PLTS TERPUSAT 85

5.1 DAFTAR ISI PROPOSAL PEMBANGUNAN PLTS TERPUSAT	86
5.2 PENyiAPAN DOKUMEN PENDUKUNG	87
5.3 VERIFIkASI KESIAPAN PROYEK	88

## REFERENSI 92

LAMPIRAN A DAFTAR DOKUMEN PENDUKUNG DALAM <i>Flash Drive</i>	94
LAMPIRAN B PEMETAAN PEMANGKU KEPENTINGAN	95
LAMPIRAN C CONTOH POTENSI RISIKO DAN RENCANA MITIGASI	97
LAMPIRAN D FORMULIR SURVEI A – KEBUTUHAN LISTRIK	100
LAMPIRAN E FORMULIR SURVEI B – ASPEK TEKNIS	113
LAMPIRAN F FORMULIR SURVEI C – KELEMBAGAAN, SOSBUD	120
LAMPIRAN G FORMULIR SURVEI D – LINGKUNGAN HIDUP	128

# Daftar Isi

Simbol-simbol yang akan ditemui dalam Buku Panduan ini:



## Tujuan

Pada setiap tahapan yang dipaparkan dalam Buku Panduan ini, terdapat penjelasan mengenai tujuan pelaksanaan langkah-langkah tersebut. Dalam praktiknya, jika memerlukan penyesuaian dalam metode pengumpulan dan pengolahan data studi kelayakan, pengguna buku dapat merujuk kepada tujuan kegiatan tersebut.



## Proses atau Langkah-langkah

Setiap tahapan yang dipaparkan dalam Buku Panduan ini diawali dengan gambaran proses atau langkah-langkah kerja yang diperlukan. Penjelasan proses ini juga memberikan gambaran terkait penggunaan/manfaat data yang telah diperoleh.



## Rumus atau Formula Perhitungan

Pada setiap tahapan kegiatan dalam Buku Panduan ini yang memerlukan perhitungan, rumus atau formula untuk tiap langkahnya disajikan, beserta contoh perhitungannya.



## Daftar Keluaran atau Hasil

Setiap Bab dalam Buku Panduan ini ditutup dengan rangkuman daftar keluaran/hasil yang akan diperoleh setelah melaksanakan langkah-langkah yang dijelaskan pada masing-masing bab.



## Contoh Kasus

Dalam Buku Panduan ini akan ditemui beberapa contoh kasus, baik terkait perhitungan, maupun pertimbangan aspek-aspek terkait yang perlu dikaji dalam studi kelayakan, sebagai bahan referensi.

# Daftar Gambar

Gambar 1 BUKU PANDUAN STUDI KELAYAKAN PLTS 2014	17
Gambar 2 STRUKTUR PENULISAN BUKU PANDUAN	18
Gambar 3 TAHAPAN PERSIAPAN PRA-SURVEI KELAYAKAN	22
Gambar 4 DIAGRAM KOMPONEN PLTS TERPUSAT	31
Gambar 5 SISTEM OFF-GRID DC-Coupling	33
Gambar 6 SISTEM OFF-GRID AC-Coupling	33
Gambar 7 MODUL SURYA, KOTAK COMBINER, STRUKTUR RANGKA, KABEL.	36
Gambar 8 TERMINAL MONITORING / DATA MONITORING DI SWITCHGEAR.	37
Gambar 9 TAHAPAN SURVEI VERIFIKASI KEBUTUHAN LISTRIK	38
Gambar 10 CONTOH KURVA BEBAN HARIAN	43
Gambar 11 TAHAPAN SURVEI ASPEK KELAYAKAN TEKNIS	44
Gambar 12 CONTOH DATA RADIASI KOTA JAKARTA DARI NASA	45
Gambar 13 CONTOH DATA RADIASI DARI SOLARGIS	46
Gambar 14 TAHAPAN SURVEI ASPEK KELEMBAGAAN, SOSIAL, DAN BUDAYA	49
Gambar 15 CONTOH STRUKTUR ORGANISASI LEMBAGA PENGELOLA PLTS	53
Gambar 16 TAHAPAN SURVEI ASPEK LINGKUNGAN HIDUP	57
Gambar 17 CONTOH PETA DESA YANG DIBUAT SECARA MANUAL	64
Gambar 18 SISTEM SIZING PLTS TERPUSAT	68
Gambar 19 SUDUT KEMIRINGAN (A) DAN SUDUT AZIMUTH (B )	74
Gambar 20 CAKUPAN PENYUSUNAN RAB PLTS TERPUSAT OFF-GRID	78

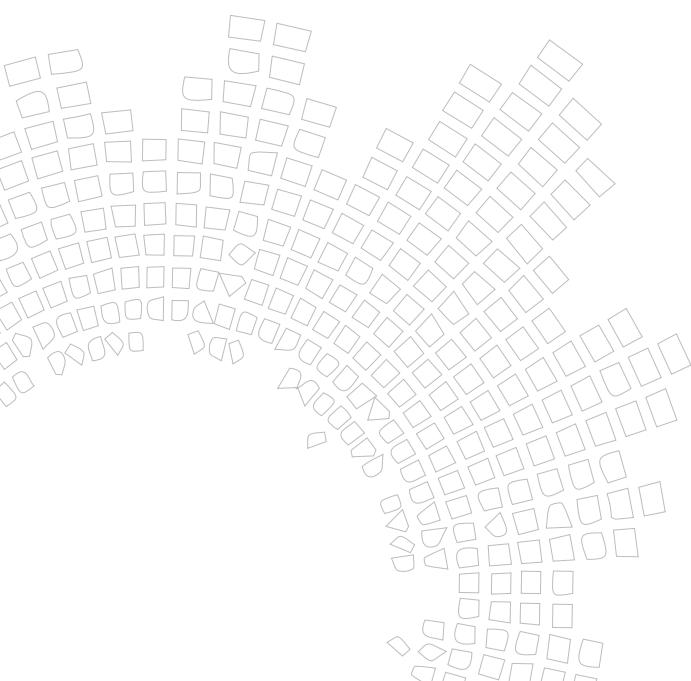
# Daftar Tabel

Tabel 1 RUJUKAN STANDAR KEBUTUHAN LISTRIK RUMAH TANGGA	25
Tabel 2 RUJUKAN STANDAR KEBUTUHAN LISTRIK FASUM FASOS	26
Tabel 3 RUJUKAN STANDAR KEBUTUHAN LISTRIK KEGIATAN EKONOMI	27
Tabel 4 ANALOGI KOMPONEN PLTS FOTOVOLTAIK	30
Tabel 5 JENIS-JENIS PLTS	30
Tabel 6 JENIS-JENIS PANEL SURYA	32
Tabel 7 PERBANDINGAN ANTARA SISTEM PLTS <i>OFF-GRID</i> DC-Coupling DAN AC-Coupling	33
Tabel 8 JENIS-JENIS KEBUTUHAN DAN PENGGUNAAN LISTRIK	38
Tabel 9 <i>CHECK LIST</i> DATA DAN INFORMASI SURVEI KEBUTUHAN LISTRIK	39
Tabel 10 PERHITUNGAN KEBUTUHAN LISTRIK BERDASARKAN HASIL SURVEI	42
Tabel 11 CONTOH PROFIL BEBAN KEBUTUHAN LISTRIK SEKTOR RUMAH TANGGA, FASUM/FASOS, DAN EKONOMI PRODUKTIF	43
Tabel 12 <i>CHECK LIST</i> KEBUTUHAN DATA SURVEI ASPEK TEKNIS	49
Tabel 13 LEMBAGA PENGELOLA PLTS TERPUSAT	50
Tabel 14 CAKUPAN TUGAS DAN FUNGSI LEMBAGA PENGELOLA PLTS	52
Tabel 15 <i>CHECK LIST</i> KEBUTUHAN DATA SURVEI KELEMBAGAAN DAN SOSBUD	55
Tabel 16 DOKUMEN LINGKUNGAN HIDUP	57
Tabel 17 <i>CHECK LIST</i> KEBUTUHAN DATA SURVEI ASPEK LINGKUNGAN	59
Tabel 18 DAFTAR FOTO DOKUMENTASI SURVEI	60
Tabel 19 CONTOH PETA DESA YANG DIBUAT DENGAN CITRA SATELIT	62
Tabel 20 PERHITUNGAN KEBUTUHAN LISTRIK BERDASARKAN HASIL SURVEI	69
Tabel 21 RANGKUMAN RANCANGAN SISTEM PLTS TERPUSAT <i>OFF-GRID</i>	73
Tabel 22 PERKIRAAN HARGA KOMPONEN DAN BIAYA PEKERJAAN PEMBANGUNAN PLTS	79
Tabel 23 ILUSTRASI PENGHITUNGAN BIAYA OPERASIONAL DAN PERAWATAN DAN PENENTUAN TARIF	80
Tabel 24 TARIF DASAR LISTRIK RUMAH TANGGA RI PLN	81
Tabel 25 DAFTAR PERSYARATAN DOKUMEN	87

# Daftar Istilah

AMDAL	Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup, adalah kajian mengenai dampak penting suatu usaha dan/atau kegiatan yang direncanakan pada lingkungan hidup yang diperlukan bagi proses pengambilan keputusan tentang penyelenggaraan usaha dan/atau kegiatan.
APBD	Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah
BUMD/DES	Badan Usaha Milik Daerah/Desa
Capability to Pay	Kemampuan Masyarakat untuk Membayar (listrik)
CSR	<i>Corporate Social Responsibility</i>
Daerah 3T	Daerah Terdepan, Terluar, dan Tertinggal
DAK	Dana Alokasi Khusus
DED	<i>Detail Engineering Design</i>
DPR	Dewan Perwakilan Rakyat
EBT	Energi Baru Terbarukan
EBTKE	(Direktorat Jenderal) Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi, Kementerian ESDM
ESDM	Energi dan Sumber Daya Mineral
FEED	<i>Front End Engineering Design</i>
FS	<i>Feasibility Study / Studi Kelayakan</i>
GHI	<i>Global Horizontal Irradiance</i> , adalah total radiasi sinar matahari yang diterima unit area horizontal tertentu
GIS	<i>Geographic Information System</i>
Iridiasi	Intensitas cahaya matahari sesaat. Nilainya berubah sepanjang hari dan sangat tergantung kepada sudut matahari dan kondisi atmosfer yang akan meningkatkan atau menghalangi sinar matahari. Unit dalam watt per meter persegi ( $W/m^2$ )
KK	Kepala Keluarga
KRISNA	Kolaborasi Perencanaan dan Informasi Kinerja Anggaran, sebuah platform daring yang dikembangkan oleh Kementerian PPN/Bappenas, Kementerian Keuangan, dan Kementerian PAN-RB untuk optimalisasi koordinasi dan sinkronisasi perencanaan pembangunan
Limbah B3	Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun
MPPT	<i>Maximum Power Point Tracker</i>
MWDC	Mega Watt DC

NASA	<i>The National Aeronautics dan Space Administration</i> , sebuah lembaga independen di Amerika Serikat yang bertanggung jawab di bidang <i>aeronautics</i> dan <i>aerospace</i>	SCC/SCR	<i>Solar Charge Controller/Solar Charge Regulator</i>
NOCT	<i>Nominal Operating Cell Temperature</i>	SDM	Sumber Daya Manusia
NREL	<i>National Renewable Energy Laboratory</i> , sebuah lembaga/institusi riset terkait sektor dan teknologi energi terbarukan dan efisiensi energi	SINERGI DESA	Sistem Informasi Energi Desa, sebuah platform daring yang dikembangkan oleh Direktorat Aneka Energi Baru dan Energi Terbarukan, Kementerian ESDM untuk optimalisasi proses pengajuan dan evaluasi proposal pembangunan pembangkit EBT
O&M	<i>Operation and Maintenance</i>	SMK	Sekolah Menengah Kejuruan
OPD	Organisasi Perangkat Daerah	SPPL	Surat Pernyataan Pengelolaan Lingkungan adalah kesanggupan dari penanggung jawab usaha dan/atau kegiatan untuk melakukan pengelolaan dan pemantauan lingkungan hidup atas dampak lingkungan hidup dari usaha dan/atau kegiatannya, di luar usaha dan/atau kegiatan yang wajib AMDAL atau UKL-UPL
PLN	Perusahaan Listrik Negara	STC	<i>Standard Test Conditions</i>
PLTB	Pembangkit Listrik Tenaga Bayu	Sudut Azimuth	Hubungan horizontal posisi matahari relatif terhadap permukaan modul. Sudut ini merupakan komponen horizontal posisi matahari terhadap permukaan modul. Merupakan salah satu faktor penting agar modul surya tidak terhalangi oleh bayangan.
PLTBM	Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa	Sudut kemiringan	Seringkali disebut sudut elevasi atau sudut inklinasi, merupakan sudut susunan modul surya yang diukur dari sisi horizontal. Dalam desain PLTS, biasanya sama dengan $90^\circ$ minus Sudut Ketinggian Matahari. Hal ini untuk menjaga orientasi tegak lurus permukaan panel ke arah matahari.
PLTD	Pembangkit Listrik Tenaga Diesel	Sudut Ketinggian Matahari	Sudut dari ufuk/horison ke arah matahari, ketika matahari naik dan turun dalam satu hari (dalam derajat). Sudut ini adalah komponen vertikal posisi matahari dan bervariasi dari waktu ke waktu setiap tahun sehingga berpengaruh terhadap peletakan PLTS.
PLTMH	Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro	System Off-grid AC Coupling	Konfigurasi Sistem PLTS terpusat yang lebih kompleks (integrasi semua pembangkit yang terhubung), namun memiliki fleksibilitas yang tinggi untuk meningkatkan kapasitas daya outputnya
PLTS Hybrid	Gabungan dari sistem PLTS dengan pembangkit lainnya	System Off-grid DC Coupling	Konfigurasi Sistem PLTS terpusat yang sederhana (tanpa sistem pembagian beban) namun memiliki kapasitas daya output terbatas/tetap
PLTS Off-grid	Sistem PLTS yang output daya listriknya secara mandiri menyuplai listrik ke jaringan distribusi pelanggan atau tidak terhubung dengan jaringan listrik PLN	TKDD	Transfer ke Daerah dan Dana Desa
PLTS on-grid	Sistem PLTS yang dapat beroperasi tanpa baterai, karena output listriknya disalurkan ke jaringan distribusi yang telah disuplai pembangkit lainnya (misalnya jaringan PLN)	UKL/UPL	Upaya Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Upaya Pemantauan Lingkungan Hidup, adalah pengelolaan dan pemantauan terhadap usaha dan/atau kegiatan yang tidak berdampak penting ter-hadap lingkungan hidup yang diperlukan bagi proses pengambilan keputusan tentang penyelenggaraan usaha dan/atau kegiatan
PLTS terpusat	Pembangkit listrik yang mengubah energi matahari menjadi listrik dengan menggunakan modul fotovoltaik, dan energi listrik yang dihasilkan selanjutnya disalurkan kepada pemakai melalui jaringan tenaga listrik	Willingness to Pay	Kemauan Masyarakat untuk Membayar (listrik)
PLTS tersebar	Pembangkit listrik yang mengubah energi matahari menjadi listrik dengan menggunakan modul fotovoltaik, dan energi listrik yang dihasilkan selanjutnya disalurkan langsung ke instalasi rumah pemakai		
PMK	Peraturan Menteri Keuangan		
POI	<i>Point of Interconnection</i>		
PUIL	Peraturan Umum Instalasi Listrik		
PV Out	Total produksi energi sistem PLTS setelah dikurangi rugi-rugi sistem ( <i>losses</i> )		
RAB	Rancangan Anggaran Biaya		
Rasio Elektrifikasi	Indeks/rasio yang menunjukkan tingkat perbandingan jumlah penduduk yang menikmati listrik dengan jumlah total penduduk di suatu wilayah		
RETSCREEN	Sebuah perangkat lunak manajemen energi bersih		
RUED	Rencana Umum Energi Daerah		



# BAB 1

## Pendahuluan

## Pengembangan PLTS Terpusat *Off-grid*

Target penyediaan listrik yang cukup ambisius untuk bisa mencapai 100% rasio elektrifikasi pada tahun 2019 menuntut upaya yang serius dari pihak-pihak terkait, termasuk Pemerintah dan pihak swasta. Hal ini mengingat hingga tahun 2016, sebanyak lebih dari 2.500 desa di Indonesia masih belum memperoleh akses listrik. Ditambah lagi, target pencapaian 23% Energi Baru Terbarukan (EBT) dalam bauran energi nasional di tahun 2025 juga perlu menjadi tujuan bersama.

PLTS terpusat (*Off-grid*) menjadi salah satu alternatif penyediaan listrik yang potensial di wilayah-wilayah terpencil di Indonesia, terutama yang belum terlayani oleh jaringan listrik PLN. Relatif mudahnya instalasi PLTS di berbagai lokasi, dengan berbagai ukuran serta kapasitas menjadi daya tarik tersendiri, dibandingkan dengan jenis pembangkit EBT lainnya.

**Namun perlu diingat, bahwa pembangunan PLTS terpusat dapat dilakukan apabila di suatu daerah tidak mempunyai potensi energi air skala kecil yang layak secara teknis untuk dikembangkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH).** Hal ini mengingat biaya pengoperasian dan pemeliharaan PLTMH relatif lebih rendah jika dibandingkan dengan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya-terkait penggantian baterai dan inverter) atau PLTBM (Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa).

## Tentang Buku Panduan

Cukup pesatnya perkembangan proyek PLTS, baik *on-grid* maupun *Off-grid*, selama lebih dari 10 tahun terakhir di berbagai belahan dunia, telah memberikan cukup banyak pembelajaran di sektor ini. Salah satunya melalui tersedianya berbagai panduan internasional, standar, serta protokol pengujian yang lebih ketat untuk memastikan kualitas PLTS menjadi semakin baik. 'Buku Panduan Penyusunan Studi Kelayakan PLTS Terpusat' yang diterbitkan oleh Direktorat Aneka Energi Baru dan Energi Terbarukan, Kementerian ESDM, pada tahun 2014, telah membuktikan bahwa 'Buku Panduan' dapat menjadi sarana peningkatan kualitas PLTS terpusat. Sekaligus, sebagai sarana peningkatan kapasitas SDM Pemerintah Daerah dalam pengembangan PLTS terpusat di seluruh Indonesia.

Dalam rangka memperbarui Buku Panduan 2014 tersebut, buku ini disusun melalui kerja sama Direktorat Aneka Energi, Kementerian ESDM, dengan proyek USAID – ICED II. Diharapkan, buku ini menjadi salah satu rujukan bagi Pemerintah Daerah maupun para konsultan dalam menyusun studi kelayakan proyek PLTS terpusat di daerahnya. Buku ini dapat menjadi rujukan bagi proyek PLTS terpusat secara umum, baik bagi program-program dengan dana APBN, APBD, Dana Desa, kerjasama dengan pihak swasta, maupun dana pribadi masyarakat, serta skema pendanaan lainnya.



Gambar 1 Buku Panduan Studi Kelayakan PLTS 2014

## Bagaimana Menggunakan Buku Panduan

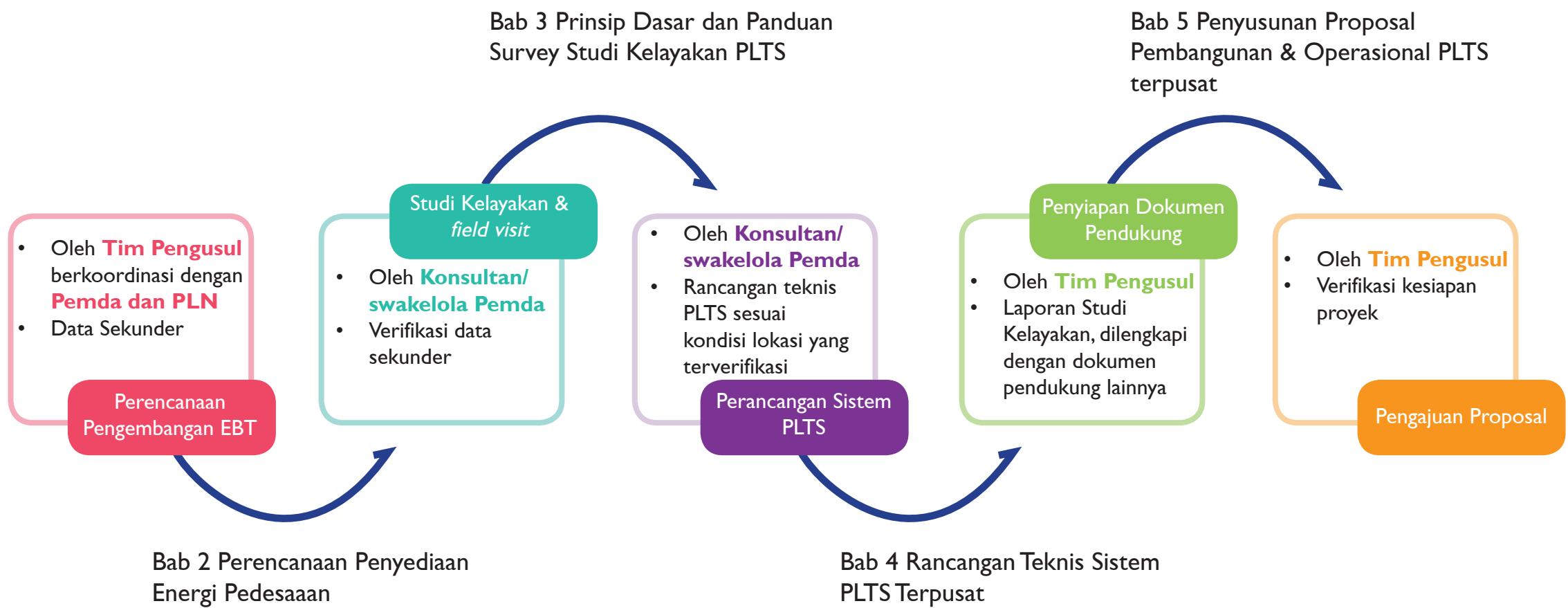
Buku Panduan ini dirangkai berdasarkan pendekatan proses dan kerangka pemikiran yang runut dalam melaksanakan studi kelayakan dimulai dari proses perencanaan pengembangan EBT, sampai pada penyiapan kelengkapan dokumen dan input aplikasi daring untuk pengusulan kepada EBTKE. Struktur penulisan buku ini seperti digambarkan pada skema di bawah.

Terkait dengan penjabaran Studi Kelayakan yang meliputi Kelayakan Kelembagaan, Sosial, dan Ekonomi, serta Kelayakan Teknis, Buku Panduan ini juga melampirkan acuan/format pengumpulan data dan informasi, baik yang bersifat data primer maupun data sekunder. Selain itu, buku ini juga dilengkapi dengan tools dalam bentuk file excel yang dapat digunakan untuk membantu perhitungan rancangan sistem PLTS terpusat *Off-grid*, yang juga menjadi bagian tidak terpisahkan dari Buku Panduan ini (dalam flash disk).

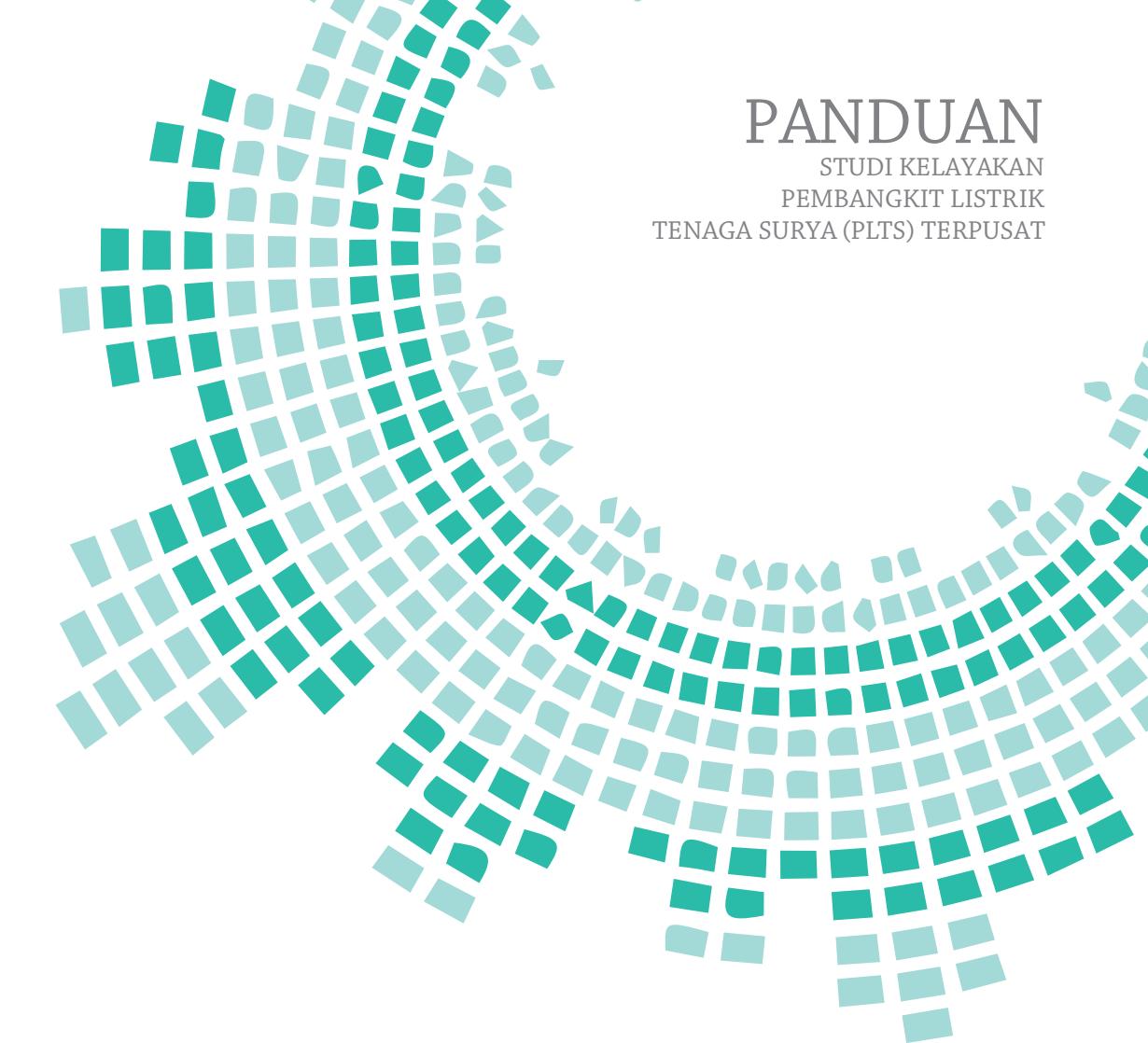
Selain itu, buku panduan ini diupayakan tetap dalam koridor SNI Studi Kelayakan PLTS yang juga telah diterbitkan pada tahun 2017.

Studi kelayakan menjadi salah satu kegiatan terpenting dalam mempersiapkan usulan proyek. Sebagai salah satu tahap penting dalam kesuksesan pembangunan PLTS terpusat, analisis dalam studi kelayakan perlu mempertimbangkan aspek-aspek penting dalam tahapan selanjutnya, misalnya tahap pengadaan dan serah terima. Aspek-aspek penting tersebut juga akan sedikit disinggung dalam Buku Panduan ini.

Buku Panduan ini secara khusus memaparkan proses dan cara penyusunan studi kelayakan proyek PLTS terpusat (*Off-grid*). Oleh karena itu, jenis PLTS tersebut seperti Solar Home Sistem (SHS), LTSHE (Lampu Tenaga Surya Hemat Energi), maupun jenis PLTS tersebut lainnya tidak termasuk dalam cakupan Buku Panduan ini.



Gambar 2 Struktur Penulisan Buku Panduan



# BAB 2

## Perencanaan Penyediaan Energi Pedesaan



2.I.

## 2.1. Pemilihan Lokasi Desa dan Potensi EBT

Sebelum studi kelayakan dijalankan, perlu dilakukan beberapa persiapan termasuk pemilihan lokasi desa, dengan **tujuan untuk menentukan sasaran penyediaan energi secara tepat di daerah yang benar-benar memerlukan**. Setelah itu, dilanjutkan dengan penentuan jenis EBT sesuai dengan potensi yang ada di daerah tersebut. Sebagai langkah terakhir sebelum pelaksanaan survei kelayakan, dilakukan pula penghitungan estimasi kebutuhan listrik di wilayah sasaran yang telah dipilih.



Gambar 3 Tahapan Persiapan Pra-Survei Kelayakan

### 2.1.1. Pemilihan Lokasi Desa

Pemilihan Desa untuk Pembangunan EBT dilakukan berdasarkan pertimbangan:

- a) **Tingkat Rasio Elektrifikasi Desa.** Desa/wilayah yang diutamakan adalah desa dengan rasio elektrifikasi rendah. Dengan menggunakan sumber data Potensi Desa dari Badan Pusat Statistik (BPS), rasio elektrifikasi desa dapat dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$\text{Rasio Elektrifikasi (\%)} = \frac{\text{(Jumlah KK berlistrik (PLN+Non PLN))}}{\text{(Jumlah KK total)}} \text{ (Desa)}$$

Penghitungan KK berlistrik tidak hanya KK yang telah dilayani oleh jaringan listrik PLN, tetapi juga KK yang telah memiliki listrik melalui sumber lain, misalnya diesel genset, dilayani oleh pemegang IUPTL, atau upaya mandiri lainnya.

- b) **Sinkronisasi dengan PLN.** Lokasi prioritas adalah desa yang terletak jauh dari jangkauan listrik PLN dan/atau pemegang izin usaha penyediaan tenaga listrik lainnya (dan dalam 3-5 tahun ke depan jaringan PLN masih belum bisa masuk). Namun, lokasi desa yang relatif lebih dekat ke jaringan PLN masih memungkinkan untuk menjadi lokasi prioritas, dengan memperhatikan syarat teknis penyambungan jaringan EBT ke jaringan PLN dalam proses perancangannya<sup>3</sup>.
- c) **Masuk dalam Daerah 3T** (Terdepan, Terluar, dan Tertinggal). Daftar daerah tertinggal dapat dilihat pada lampiran Peraturan Presiden No.131/2015 tentang Penetapan Daerah Tertinggal Tahun 2015-2019 (122 daerah - unit kabupaten). Rujukan lainnya adalah daftar Daerah Tertinggal dan Perbatasan Direktorat

Kawasan Khusus dan Daerah Tertinggal, Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional (PPN)/Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (BAPPENAS), berdasarkan surat no 2421/Dt.7.2/04/2015, tanggal 21 April 2015.

- d) **Potensi pengembangan ekonomi lokal.** Hal ini terkait dengan tingkat kemampuan masyarakat untuk membayar iuran listrik. Jika desa tersebut tergolong ekonomi rendah tanpa adanya potensi pengembangan ekonomi dengan dukungan listrik, maka disarankan untuk mempersiapkan dana subsidi jika menjadi lokasi prioritas. Hal ini karena biaya listrik dikhawatirkan akan menjadi tambahan beban, sementara keberlanjutan PLTS terpusat (ataupun teknologi lainnya) memerlukan *cash flow* pendanaan yang cukup.
- e) **Lokasi prioritas untuk program nasional lainnya.** Salah satu solusi untuk keberlanjutan pendanaan adalah dengan sinkronisasi dan kolaborasi pengembangan EBT dengan program prioritas nasional lainnya. Selain terkait pendanaan, program-program lain seperti kesehatan dan/atau pendidikan biasanya memiliki sistem pendampingan berkelanjutan, yang akan bermanfaat pula dalam pengawasan pengelolaan Pembangkit EBT.

Pemilihan lokasi desa akan lebih representatif untuk pengembangan EBT jika dilakukan dengan analisis spasial menggunakan perangkat *Geographic Information System* (GIS). Karena melalui analisis spasial dapat diketahui **pengelompokan perumahan penduduk (cluster)**, yang sangat diperlukan untuk perencanaan jaringan distribusi EBT, **jarak lokasi perumahan masyarakat dari sumber daya EBT**, serta jarak lokasi perumahan/desa dari jaringan listrik PLN terdekat. Pemanfaatan GIS juga sangat membantu dalam memberikan data yang akurat terkait lokasi desa terpilih, yaitu dengan detail **koordinat lokasi desa**.

Jika Pemerintah Daerah telah memiliki dokumen Rencana Umum Energi Desa (RUED) yang menampilkan rencana elektrifikasi desa/pengembangan EBT secara detail, pemilihan lokasi desa untuk pembangunan PLTS dapat merujuk pada dokumen tersebut.

### 2.1.2. Penentuan Potensi EBT

Setelah ditentukan lokasi desa yang prioritas untuk penyediaan listrik, selanjutnya ditentukan jenis EBT yang paling sesuai untuk dibangun di desa tersebut. Jika mengacu pada Peraturan Menteri ESDM no.39 tahun 2017, yang diubah dengan Permen ESDM no.12 tahun 2018, alternatif pembangkit listrik EBT dalam upaya meningkatkan akses listrik masyarakat (terutama di wilayah 3T), diantaranya adalah:

1. Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) atau Mikro Hidro (PLTMH)
2. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) terpusat

<sup>3</sup>) Lebih detail dijelaskan pada bab 4 Buku Panduan ini.

3. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) tersebar
4. Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg)
5. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB)
6. Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm)

Jika Pemerintah Daerah telah memiliki peta persebaran potensi EBT di wilayahnya, maka penentuan jenis EBT dapat mengacu pada peta potensi tersebut. Namun, jika belum memiliki peta potensi EBT, ada baiknya melakukan studi potensi EBT untuk melihat potensi-potensi yang ada di suatu wilayah, sehingga penentuan jenis EBT yang dibangun lebih akurat.

Pada prinsipnya, seluruh wilayah di Indonesia memiliki potensi untuk dibangun PLTS. Namun, untuk memastikan masa operasi PLTS tersebut berkelanjutan dalam jangka panjang, sebaiknya penetapan pembangunan PLTS juga mempertimbangkan:

1. **Potensi PLTMH.** Daerah yang tidak ditemukan sumber daya air yang berpotensi untuk pengembangan PLTMH<sup>4</sup> boleh diusulkan pembangunan PLTS. Pembangunan PLTMH lebih diprioritaskan dibandingkan dengan PLTS, karena: a) ketersediaan suplai air yang lebih kontinyu; b) tidak memerlukan penggantian baterai dan inverter yang investasinya cukup besar. Sehingga, biaya investasi per kWh yang dihasilkan akan lebih murah; c) Komponen lebih mudah didapat karena sudah ada produksi dalam negeri; d) SDM sudah cukup tersedia.
2. **Calon konsumen.** Adanya calon konsumen yang berada di sekitar pembangkit, yang tinggal berkelompok minimal 30 rumah (termasuk fasilitas umum) dengan jarak antara rumah satu dengan lainnya berdekatan.
3. **Lahan.** Tersedia lahan untuk lokasi PLTS, baik di atas tanah maupun di atas atap (*rooftop*) dengan luasan yang memadai.
4. **Teknologi.** Jika menggunakan teknologi PLTS, diusahakan menggunakan teknologi baterai dengan umur pakai yang lebih panjang, sehingga tingkat keberlanjutan pembangkit lebih baik.
5. **Iuran listrik.** Kemampuan dan kemauan masyarakat untuk membayar listrik dari pembangkit PLTS terpusat sangat penting untuk keberlangsungan akses listrik mengingat biaya penggantian baterai dan inverter yang cukup signifikan.

## 2.2.

### Estimasi Awal Kebutuhan Listrik di Desa Terpilih

Setelah terpilih desa yang akan dibangun PLTS (=desa sasaran), selanjutnya perlu dilakukan perhitungan/estimasi kebutuhan listrik di desa tersebut. Kebutuhan listrik desa pada umumnya dibagi dalam tiga kelompok, yaitu **1) Kebutuhan Listrik Rumah Tangga, 2) Kebutuhan Listrik Fasilitas Umum (Fasum)/Fasilitas Sosial (Fasos), dan 3) Kebutuhan listrik Ekonomi Produktif**. Penjumlahan ketiga jenis kebutuhan listrik tersebut menjadi penentu besarnya kapasitas PLTS yang perlu disediakan di wilayah sasaran.

<sup>4)</sup> Ketersediaan aliran sungai sepanjang tahun (musim hujan dan kering), maksimal 3-4 bulan kering dalam 1 tahun dan bulan-bulan lainnya dalam keadaan basah. Bulan kering yang dimaksud adalah musim kemarau yang sama sekali tidak atau sangat sedikit turun hujan. Bulan basah adalah musim penghujan yang banyak turun hujan atau terdapat hujan lebat pada bulan tersebut.

Estimasi dapat dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu penentuan awal pra-survei dengan menggunakan **data sekunder**, kemudian diverifikasi dengan **survei lapangan**. Pada bagian ini, pembahasan akan difokuskan pada pendekatan pertama estimasi kebutuhan listrik, yaitu melalui data sekunder. Hal ini perlu dilakukan terutama apabila penyusunan studi kelayakan PLTS dilakukan oleh konsultan. Hasil perhitungan estimasi kebutuhan listrik ini dapat menjadi dasar dalam menyusun TOR pekerjaan konsultan. Sedangkan pembahasan mengenai verifikasi kebutuhan listrik melalui survei lapangan (pelaksanaan studi kelayakan) akan diberikan pada Bab 3.

#### 2.2.1. Sektor Rumah Tangga

Beberapa alternatif perhitungan listrik sektor rumah tangga adalah sebagai berikut:

- I. **Pendekatan berbasis rumah tangga.** Basis perhitungan kebutuhan energi sektor rumah tangga adalah jumlah rumah tangga di wilayah permukiman/dusun/desa. Berdasarkan data "Potensi Desa", atau "Provinsi/Kabupaten/Kota dalam Angka" dapat diperoleh jumlah KK di desa sasaran. Jumlah energi total yang dibutuhkan untuk sektor rumah tangga diestimasi berdasarkan standar kebutuhan listrik per KK, yang dapat merujuk pada beberapa referensi berikut:

**Tabel 1 Rujukan Standar Kebutuhan Listrik Rumah Tangga**

Referensi/Acuhan	Standar Kebutuhan Listrik/Daya per Rumah Tangga	Keterangan
<b>SNI 03-1733-2004</b>	450VA	Standar untuk lingkungan perumahan perkotaan, sehingga kebutuhan listrik per rumah tangga untuk diacu disini adalah standar terkecil.
<b>Panduan Studi Kelayakan PLTS Terpusat, 2014</b>	300 Wh	Pelaksanaan saat ini, perhitungan kebutuhan listrik per rumah tangga sudah menggunakan angka <b>600 Wh</b> , sehingga standar 300 Wh sudah tidak relevan
<b>Peraturan Menteri Negara Perumahan Rakyat No.25 tahun 2011</b>	450 Watt	Tentang Panduan Penyelenggaraan Perumahan Murah

Berdasarkan acuan di atas, dapat kita standarkan untuk kebutuhan daya listrik rumah tangga adalah sebesar kurang lebih 450 VA (Watt), sedangkan untuk kebutuhan energi listrik rumah tangga adalah sebesar kurang lebih 600 Wh. Penyesuaian terhadap standar tersebut dapat dilakukan jika telah ada referensi terbaru berdasarkan penelitian atau survei ke daerah terkait.

2. **Pendekatan konsumsi listrik wilayah sekitar.** Jika di sekitar desa/sasaran terdapat wilayah/desa yang telah mendapatkan akses listrik, kebutuhan listrik sektor rumah tangga di desa/sasaran dapat diestimasi berdasarkan konsumsi listrik per rumah tangga di wilayah yang sudah berlistrik tersebut.

Perlu diperhatikan bahwa perhitungan kebutuhan listrik/energi di wilayah/sasaran ini **harus mengantisipasi pertumbuhan penduduk selama 3-5 tahun mendatang**, sehingga data jumlah penduduk atau jumlah KK yang digunakan adalah jumlah proyeksi penduduk di tahun tersebut

## 2.2.2. Fasilitas Umum dan Fasilitas Sosial

Untuk menghitung estimasi kebutuhan listrik fasilitas umum dan fasilitas sosial secara sederhana, dapat mengacu pada beberapa standar kebutuhan listrik yang pernah dikeluarkan dan berlaku di Indonesia, sebagai berikut:

*Tabel 2 Rujukan Standar Kebutuhan Listrik Fasum Fasos*

Referensi/Acuan	Standar Kebutuhan Listrik fasum/fasos	Keterangan
<b>SNI 03-1733-2004</b>	40% dari total kebutuhan rumah tangga	Standar untuk lingkungan perumahan perkotaan, sehingga acuan ini relatif lebih besar dibandingkan dengan kebutuhan ril di daerah pedesaan.
<b>Panduan Studi Kelayakan PLTS Terpusat, 2014</b>	600 Wh/jenis fasilitas	Perlu dikalikan dengan jumlah banyaknya fasum dan fasos di wilayah sasaran
<b>Bappenas</b>	60 Watt/m <sup>2</sup> , atau 25% dari kebutuhan rumah tangga	Jika menggunakan standar Watt/m <sup>2</sup> , perlu menghitung luas bangunan fasum/fasos di wilayah sasaran.

Untuk penggunaan standar yang kedua (600 Wh/jenis fasilitas), hal pertama yang perlu dilakukan adalah mendata jenis dan jumlah fasilitas **yang telah terdapat di daerah sasaran, maupun yang direncanakan akan dibangun di tahun-tahun mendatang**. Data jumlah fasum dan fasos tersebut dapat dijadikan acuan perhitungan ataupun pertimbangan kesesuaian hasil perhitungan yang dilakukan berdasarkan standar di atas. Beberapa jenis fasilitas tersebut adalah sebagai berikut, dimana data-datanya dapat diperoleh dari "Potensi Desa" atau dari "Survei Ekonomi Nasional-Susenas":

1. Kantor Kepala Desa
2. Penerangan di jalan utama
3. Sumber air minum
4. Sumber air untuk mandi/cuci
5. Jumlah Sekolah (TK, SD, SMP, SMA/SMK) dan yang sederajat
6. Jumlah & lokasi RS/ puskesmas/ poliklinik/ pos kesehatan desa

7. Jumlah tempat ibadah
8. Lapangan olahraga
9. Keberadaan BTS untuk telepon seluler
10. Kantor pos

## 2.2.3. Sektor Ekonomi Produktif

Menghitung kebutuhan listrik di sektor ekonomi produktif berdasarkan data sekunder relatif tidak mudah. Diperlukan data-data mengenai mesin atau peralatan listrik yang digunakan untuk **jenis kegiatan ekonomi tertentu, baik kegiatan yang telah ada saat ini atau yang potensial untuk dikembangkan di tahun-tahun mendatang**. Sebagai gambaran, data-data sekunder terkait dengan sektor ekonomi produktif yang dapat diperoleh dari "Potensi Desa" atau "Susenas" antara lain:

1. Pemanfaatan laut untuk: perikanan tangkap, perikanan budidaya, tambak garam, wisata bahari
2. Sumber penghasilan utama sebagian besar penduduk
3. Jumlah industri mikro/ rumah tangga
4. Jumlah warung/toko
5. Jumlah pasar
6. Jumlah koperasi

Estimasi dapat dilakukan berdasarkan perkiraan jenis peralatan yang digunakan di masing-masing kegiatan ekonomi (jika ada), atau standar kebutuhan listrik/energi di sektor industri, perdagangan, dan jasa, sebagai berikut:

*Tabel 4 Rujukan Standar Kebutuhan Listrik Kegiatan Ekonomi*

Referensi/Acuan	Standar Kebutuhan Listrik fasum/fasos
<b>Bappenas</b>	60 Watt/m <sup>2</sup> , atau 25% dari kebutuhan rumah tangga
<b>Rencana Pengembangan Tata Ruang Kawasan Kota Terpadu Mandiri, 2011</b>	40 Watt/m <sup>2</sup> , atau 25% dari kebutuhan rumah tangga
<b>Standar Kebijakan Penyediaan Listrik "RUPTL PLN 2013-2022"</b>	Industri = 250 KVA/Ha Perdagangan & Jasa = 80 KVA/Ha

Berdasarkan acuan kebutuhan listrik di atas, baik untuk sektor rumah tangga, fasum/fasos, maupun kegiatan ekonomi lokal, secara umum dapat disimpulkan bahwa dari total daya atau energi listrik yang akan disediakan di desa/sasaran, maka 50% dialokasikan untuk kebutuhan sektor rumah tangga, sedangkan 50% sisanya untuk kebutuhan fasum/fasos dan kegiatan ekonomi lokal.

Setelah melalui langkah-langkah dalam Bab ini, informasi utama yang telah diperoleh untuk melakukan studi kelayakan proyek PLTS terpusat *off-grid* adalah:

- ✓ Lokasi administratif desa/dusun yang memerlukan akses listrik
- ✓ Jenis dan estimasi kapasitas EBT yang akan dibangun
- ✓ Estimasi Jumlah dan Jenis beban/konsumen



## BAB 3

### Prinsip Dasar PLTS dan Panduan Survei Studi Kelayakan

### 3.I.

#### Prinsip Dasar Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Berdasarkan SNI 8395:2017, PLTS adalah sistem pembangkit listrik yang energinya bersumber dari radiasi matahari melalui konversi sel fotovoltaik. Sistem fotovoltaik mengubah radiasi sinar matahari menjadi listrik. Semakin tinggi intensitas radiasi (iradiasi) matahari yang mengenai sel fotovoltaik, semakin tinggi daya listrik yang dihasilkannya. Karena listrik seringkali dibutuhkan sepanjang hari, maka kelebihan daya listrik yang dihasilkan pada siang hari disimpan di dalam baterai sehingga dapat digunakan kapanpun untuk berbagai alat listrik.

Sistem fotovoltaik dapat dianalogikan dengan sistem penampungan air hujan. Jumlah air yang ditampung berubah sesuai dengan cuaca, sehingga terkadang banyak air yang terkumpul, terkadang tidak ada sama sekali. Pada sistem fotovoltaik, jumlah listrik yang dikumpulkan oleh sistem fotovoltaik tergantung dengan cuaca. Saat hari cerah, banyak listrik yang dihasilkan, sedangkan saat berawan, sedikit listrik yang dihasilkan. Komponen yang diperlukan juga serupa:

Tabel 4 Analogi Komponen PLTS Fotovoltaik

Bagian dari sistem penampungan air hujan	Bagian dari sistem fotovoltaik
Talang pengumpul di atap rumah	Modul surya
Tangki penyimpan air hujan	Baterai penyimpan
Pipa untuk saluran aliran air ke dan dari tangki	Pengkabelan untuk saluran aliran arus listrik ke dan dari baterai
Keran untuk membatasi laju alir air	Circuit Breaker untuk membatasi aliran arus listrik

#### 3.I.1. Jenis-Jenis PLTS

Terdapat tiga jenis PLTS yang sering ditemui, yaitu PLTS *off-grid*, PLTS *on-grid*, serta PLTS *Hybrid* dengan teknologi lainnya; yang dibedakan berdasarkan karakteristik penyimpanan dayanya. Selain itu, PLTS juga dibedakan berdasarkan ada atau tidaknya jaringan distribusi untuk menyalurkan daya listriknya; yang meliputi PLTS terpusat dan PLTS tersebar/terdistribusi.

Tabel 5 Jenis-Jenis PLTS

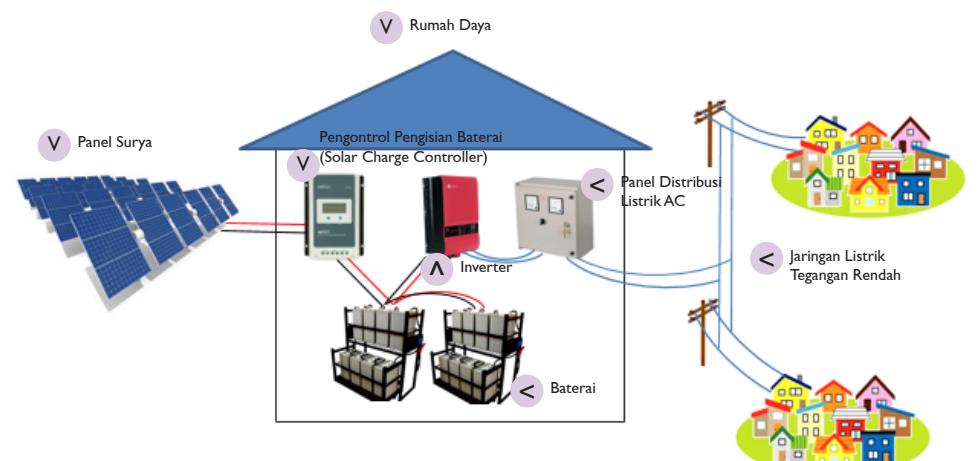
	PLTS <i>off-grid</i>	PLTS <i>on-grid</i>	PLTS <i>Hybrid</i>
Deskripsi	Sistem PLTS yang output daya listriknya secara mandiri menyuplai listrik ke jaringan distribusi pelanggan atau tidak terhubung dengan jaringan listrik PLN.	Bisa beroperasi tanpa baterai, karena output listriknya disalurkan ke jaringan distribusi yang telah disuplai pembangkit lainnya (mis. Jaringan PLN).	Gabungan dari sistem PLTS dengan pembangkit yang lainnya (mis. PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel), PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu)).

Tabel 5 Jenis-Jenis PLTS

	PLTS <i>off-grid</i>	PLTS <i>on-grid</i>	PLTS <i>Hybrid</i>
Baterai	Ya, supaya bisa memberikan suplai listrik sesuai kebutuhan beban.	Tidak	Bisa <i>off-grid</i> (pakai baterai) atau <i>on-grid</i> (tanpa baterai)
Manfaat	Untuk menjangkau daerah yang belum ada jaringan listrik PLN.	Untuk berbagi beban atau mengurangi beban pembangkit lain yang terhubung pada jaringan yang sama.	Memaksimalkan penyediaan energi dari berbagai potensi sumber daya daerah.
PLTS terpusat	PLTS yang memiliki sistem jaringan distribusi untuk menyalurkan daya listrik ke beberapa rumah pelanggan. Keuntungan dari PLTS terpusat adalah penyaluran daya listrik dapat disesuaikan dengan kebutuhan beban yang berbeda-beda di setiap rumah pelanggan.		
PLTS tersebar/terdistribusi	PLTS yang tidak memiliki sistem jaringan distribusi, sehingga setiap rumah pelanggan memiliki sistem PLTS tersendiri.	Contoh PLTS <i>off-grid</i> tersebar: Solar Home Sistem (SHS)	Contoh PLTS <i>on-grid</i> tersebar: Solar PV Rooftop

**Sistem PLTS terpusat *off-grid* merupakan sistem PLTS yang memiliki baterai, inverter dan sistem jaringan distribusi untuk memenuhi kebutuhan daya dari beberapa pelanggan.** Jenis PLTS *off-grid* terpusat adalah jenis yang saat ini paling banyak dikembangkan untuk elektrifikasi di daerah pedesaan/remote.

#### 3.I.2. Komponen Utama Sistem Fotovoltaik



Gambar 4 Diagram Komponen PLTS Terpusat

## I. PANEL SURYA

Dalam sebuah modul surya, terdapat sel-sel fotovoltaik tempat terjadinya efek fotovoltaik. Apabila beberapa modul surya dirangkai, maka akan terbentuk suatu sistem pembangkit listrik tenaga surya. Kualitas sebuah modul surya, antara lain dinilai berdasarkan efisiensinya untuk mengkonversi radiasi sinar matahari menjadi listrik DC. Modul surya yang efisiensinya lebih tinggi akan menghasilkan daya listrik yang lebih besar dibandingkan modul surya yang efisiensinya lebih rendah untuk luasan modul yang sama. **Efisiensi modul surya**, antara lain bergantung pada material sel fotovoltaik dan proses produksinya. Secara umum, sel fotovoltaik terbuat dari material jenis *crystalline* dan *non-crystalline* (film tipis). Untuk jenis *crystalline*, terbagi atas tipe *mono-crystalline* dan tipe *poly-crystalline*, dengan efisiensi konversi sekitar 12 – 20%. Berikut perbandingan antara *poly-crystalline* dan *mono-crystalline*:

Tabel 6 Jenis-Jenis Panel Surya

	Mono-Crystalline	Poly-Crystalline
Ilustrasi Modul surya		
Biaya	Lebih mahal	Lebih murah
Efisiensi	15-20%	1-2% lebih rendah dari <i>mono-crystalline</i>

Ketika iradiasi matahari meningkat hingga 1000 W/m<sup>2</sup>, maka modul surya akan membangkitkan listrik DC hingga kapasitas yang tertera pada "nameplate"nya (misal: 250 Wp). Namun demikian, output listrik sesungguhnya dari susunan panel bergantung pada kapasitas sistem, iradiasi matahari, orientasi arah (azimuth) dan sudut panel, dan berbagai faktor lainnya.

### Kotak Informasi: Penentuan Kapasitas Panel

Karena output daya listrik modul surya tergantung iradiasi matahari, maka kapasitas atau *rating* modul surya ditentukan oleh pabrik melalui pengujian: STC (*Standard Test Conditions*) dan NOCT (*Nominal Operating Cell Temperature*).

Pengujian dengan kondisi NOCT umumnya dianggap mewakili kondisi sebenarnya. Namun demikian, kebanyakan kinerja modul diuji dengan menggunakan STC dalam menghitung output daya listrik (Wp). Kapasitas modul diberikan dengan toleransi (positif dan negatif) untuk memperhitungkan potensi variasi dalam output sebagai fungsi dari proses manufaktur dan kontrol kualitas produk. Sebagai contoh panel dengan STC rating 250 Wp dengan toleransi daya ± 3W dapat dilabelkan sebagai panel dengan output antara 247 Wp dan 253 Wp.

Modul surya, yang merupakan komponen penting dalam suatu sistem PLTS, memiliki output listrik DC. Namun karena banyak beban listrik yang membutuhkan suplai listrik AC, maka listrik DC yang dihasilkan oleh modul surya harus dikonversi oleh inverter menjadi listrik AC. **Terkait hal ini, sistem charging baterai pada sistem PLTS off-grid bisa berupa DC-Coupling atau AC-Coupling.**

Komponen yang menyusun keseimbangan sistem PLTS off-grid untuk DC-Coupling atau AC-Coupling bisa dilihat pada Tabel dan Gambar di bawah ini.

Tabel 7 Perbandingan antara Sistem PLTS off-grid DC-Coupling dan AC-Coupling

	DC-Coupling	AC-Coupling
Kapasitas Daya Output	Terbatas, sesuai dengan kapasitas daya inverter	Tak terbatas, karena daya total output adalah jumlah dari banyak pembangkit
Expandibility	Harus mengganti inverter	Fleksible, karena tambahan pembangkit lain bisa langsung di-interkoneksi-kan ke jaringan AC-Coupling  (Sesuai untuk sistem yang kedepannya hendak diubah dari off-grid menjadi on-grid)
Pengaturan Daya	Sederhana, karena tidak memerlukan sistem pembagian beban	Kompleks, karena semua pembangkit harus terintergrasi untuk kontrol outputnya
Konfigurasi		

Gambar 5 Sistem Off-grid DC-Coupling

Gambar 6 Sistem Off-grid AC-Coupling

## 2. INVERTER

Terdapat beberapa jenis inverter berdasarkan konfigurasi sistem PLTS off-grid yang akan didesain, yaitu:

### a. DC-AC INVERTER – untuk sistem Off-grid DC-Coupling

Inverter daya DC-AC merupakan alat elektronik yang berfungsi mengubah sistem tegangan DC dari keluaran modul PV atau baterai menjadi sistem tegangan AC. Pengubah sistem tegangan ini penting, karena peralatan listrik secara umum memerlukan suplai tegangan AC.

### b. String INVERTER – untuk sistem Off-grid AC-Coupling

PV String Inverter adalah unit alat yang berfungsi untuk merubah input tegangan DC langsung dari modul PV, menjadi output tegangan AC. Unit ini beroperasinya

HARUS PARALEL dengan sumber tegangan AC lainnya, yaitu output dari *string* inverter di-interkoneksi dengan sistem tegangan AC yang berasal dari pembangkit lainnya, seperti listrik diesel genset, atau (*Bi-directional*) *Battery Inverter*. Karena kemampuannya untuk beroperasi paralel pada tegangan AC, maka sistem PLTS ini memiliki keuntungan, yaitu bila kedepannya hendak diubah menjadi sistem *on-grid* tidak memerlukan perubahan yang berarti, karena tegangan dari *grid* PLN bisa langsung di-interkoneksi pada jaringan AC-Coupling yang sudah ada.

Dengan adanya tambahan daya listrik dari output *String* Inverter akan mengurangi beban bagi pembangkit lainnya, sehingga bila pembangkit tersebut berupa diesel genset, maka konsumsi BBM diesel akan lebih hemat.

*String* Inverter biasanya juga dilengkapi fitur MPPT, agar output daya sistem PLTS selalu pada posisi maksimal mengikuti iradiasi matahari. Akan tetapi untuk mencegah terjadinya kondisi *reverse power* pada diesel genset, yaitu saat konsumsi daya beban < daya output sistem PLTS, maka *string* inverter dikontrol outputnya sesuai kebutuhan beban. Akan tetapi bila dalam sistem PLTS ini juga terdapat *Bidirectional Battery* Inverter, maka kelebihan beban tersebut bisa digunakan untuk *charging battery*.

#### c. BATTERY INVERTER – untuk sistem *Off-Grid AC-Coupling*

*Battery* Inverter adalah unit peralatan yang digunakan untuk mengubah tegangan input DC dari baterai menjadi tegangan output AC pada saat proses *discharge*, dan sebaliknya untuk mengubah tegangan input AC dari *grid* menjadi tegangan output DC pada saat proses *charging*. Karena sifatnya yang bisa bolak-balik ini, maka *battery* inverter pada sistem ini disebut juga sebagai *Bidirectional Battery* Inverter.

#### 3. SOLAR CHARGE CONTROLLER atau SOLAR CHARGE REGULATOR – untuk sistem *Off-Grid DC-Coupling*

*Solar Charge Controller* (SCC), atau *Solar Charge Regulator* (SCR), berfungsi membatasi arus listrik yang masuk maupun keluar dari baterai. SCC/SCR mencegah pengisian daya (*charging*) yang berlebihan serta melindungi baterai dari tegangan berlebih.

Selain itu, SCC/SCR juga mencegah baterai agar energi listrik yang tersimpan di dalamnya tidak terkuras (*discharged*) sampai habis. Beberapa tipe SCC/SCR dapat secara otomatis dan terkontrol memutus tegangan suplai beban, untuk mencegah baterai dari kondisi *deep discharge* yang bisa memperpendek umur pakai baterai. Salah satu fitur pada SCC/SCR yang paling bermanfaat untuk *charging* adalah sistem **MPPT** (*Maximum Power Point Tracker*). Dengan adanya sistem ini, baterai lebih cepat terisi karena modul PV akan selalu beroperasi pada output Titik Daya Maksimal,

yang bervariasi sesuai dengan iradiasi matahari. Modul PV hanya terhenti menghasilkan daya maksimal ketika baterai sudah mendekati batas maksimum *charging*. Dengan menggunakan MPPT, keuntungan lainnya adalah sistem tegangan rangkaian seri modul PV tidak perlu sama dengan sistem tegangan baterai. Misal sistem tegangan baterai 24 Vdc, maka sistem tegangan modul PV bisa 36 Vdc atau lainnya.

SCC/SCR dapat berupa sebuah unit alat terpisah, atau dapat pula terintegrasi dengan unit DC-AC inverter.

#### 4. BATERAI

Baterai merupakan salah satu cara penyimpanan daya yang paling umum digunakan. Baterai menjadi komponen penting yang mempengaruhi sistem PLTS terpusat secara keseluruhan. Perawatan baterai, masa pakai, daya dan efisiensi merupakan parameter baterai yang mempengaruhi kinerja PLTS terpusat.

Baterai yang paling tepat untuk sistem PLTS adalah yang memiliki jenis karakter *Deep Discharge*. Baterai jenis ini bisa di-*discharge* energi listriknya hingga tersisa sekitar 20% dari kapasitas simpan baterai. (Baterai untuk *starting* kendaraan bermotor umumnya hanya boleh di-*discharge* hingga tersisa 80% dari kapasitas simpan baterai. Jika di-*discharge* melebihi kapasitas tersebut, maka umur baterai akan lebih singkat).

#### 5. JARINGAN DISTRIBUSI

Jaringan distribusi merupakan penghubung antara PLTS terpusat dan konsumen. Listrik yang masuk ke jaringan distribusi merupakan tegangan listrik AC yang keluar dari inverter dan transformator. Pada umumnya, jaringan distribusi menggunakan saluran udara. Namun, apabila menghendaki distribusi melewati bawah tanah, maka kabel dapat ditanam langsung atau dilewatkan ke dalam suatu saluran. Contohnya, apabila kabel melewati bawah jalan raya, saluran beton digunakan untuk melindungi kabel. Pemilihan penggunaan saluran udara atau saluran bawah tanah ditentukan berdasarkan peraturan yang berlaku serta perhitungan ekonomi.

Selain itu, meter pengukur produksi listrik dan sirkuit peralatan proteksi biasanya dipasang antara penyulang keluar dari transformator dan titik interkoneksi (*Point of Interconnection* - POI). Titik ini merupakan titik dimana penjualan listrik diukur, biasanya berlaku untuk sistem PLTS *On-Grid*.

Dalam perencanaan PLTS terpusat, harus dipertimbangkan pula kemungkinan penyambungan fasilitas PLTS terpusat ke jaringan listrik PLN. Persyaratan penyambungan ke jaringan PLN akan mengacu kepada persyaratan interkoneksi yang dimiliki oleh PLN, dimana pertimbangan syarat teknisnya dijabarkan pada Bab 4.3.

## 6. PANEL DISTRIBUSI

Panel ini dibutuhkan untuk membagi beban output inverter sesuai dengan kapasitas masing-masing beban. Panel ini juga bisa dilengkapi proteksi arrester, untuk memproteksi lonjakan tegangan dari eksternal, misalnya induksi sambaran petir.

### 3.1.3. Komponen Lainnya



Gambar 7 Modul surya, kotak combiner, struktur rangka, kabel.

Sumber: Triad Engineering. Foto: Dan Jordan

#### A. PANEL COMBINER

Panel ini dibutuhkan untuk menggabungkan rangkaian paralel modul surya ataupun baterai. Biasanya dibutuhkan untuk sistem PLTS dengan total daya besar, ataupun sistem PLTS yang menggunakan modul surya dengan kapasitas kecil (misalnya terkait pertimbangan transportasi ke daerah terisolasi), sehingga membutuhkan rangkaian paralel yang cukup banyak.

#### B. Grounding SYSTEM

Sistem ini dibutuhkan untuk mengamankan sistem kelistrikan secara keseluruhan agar salah satu output inverter (AC) memiliki potensial yang sama dengan potensial bumi (sebagai referensi titik netral).

#### C. PENANGKAL PETIR

Sistem ini dibutuhkan untuk mengamankan sistem PLTS keseluruhan agar bila terjadi gangguan petir di kawasan PLTS, hanya disalurkan ke bumi (tidak mengarah ke peralatan PLTS).

#### D. KABEL PLTS

Untuk sistem PLTS *ground-mounted*, kabel yang dipilih direkomendasikan untuk menggunakan jenis kabel instalasi bawah tanah.

#### E. KABEL DISTRIBUSI

Kabel distribusi bertujuan untuk mengalirkan listrik dari PLTS ke konsumen/beban. Kabel harus dipilih berdasarkan SNI, dan sesuai dengan kapasitas beban. Apabila ada beban yang terpisah dan jauh dari rumah daya, digunakan instalasi saluran udara.

#### F. METER PENGUKURAN

Meter pengukur pendapatan digunakan untuk pengukuran tagihan. Sistem inverter juga menghitung pembangkitan sistem, namun demikian, titik ini mungkin bukan merupakan metode dan lokasi yang disepakati antara pembeli dan penjual (meter

pengukur pendapatan biasanya ditempatkan pada titik interkoneksi atau POI, yang biasanya ada bagian hilir inverter).

#### G. SISTEM PROTEKSI

Sistem proteksi seperti sekering, sirkuit pemutus dan saklar dipasang di antara penyulang yang keluar dari transformator dan POI. Oleh karena itu, petugas PLTS terpusat dapat melepas hubungan pembangkit dan jaringan jika sewaktu-waktu diperlukan.



Gambar 8 Terminal Monitoring / Data monitoring di Switchgear.

Sumber: Triad Engineering. Foto: Dan Jordan

#### H. SISTEM REMOTE MONITORING

Sistem ini membantu pemantauan terhadap sebuah sistem PLTS dari jarak jauh, terkait dengan kinerja PLTS. Sistem ini membutuhkan sarana telekomunikasi agar kinerja PLTS dapat dipantau dari jarak jauh. Apabila tidak ada sarana telekomunikasi untuk *remote monitoring*, maka dapat digunakan monitoring lokal yang dilakukan secara periodik oleh pihak yang bertanggung jawab. (misal: harian dari operator setempat, bulanan dari pemda – checklist O&M).

## 3.2.

### Panduan Survei Verifikasi Kebutuhan Listrik di Lapangan

Tujuan kegiatan survei lapangan ini adalah untuk memverifikasi data-data sekunder, yang sebelumnya digunakan untuk menghitung estimasi awal kebutuhan energi/listrik, seperti dipaparkan pada sub-bagian 2.5 buku Panduan ini. Tujuan dan cakupan kegiatan survei ini adalah:

1. **Mengetahui secara detail kebutuhan listrik di desa sasaran**, beserta penggunaannya (di sektor rumah tangga, fasum/fasos, dan ekonomi produktif). Informasi ini akan digunakan sebagai dasar dalam penentuan kebutuhan jenis-jenis peralatan listrik dan perencanaan desain kapasitas PLTS Terpusat.
2. **Mengetahui profil beban (*load profile*)** berdasarkan estimasi kebutuhan kumulatif listrik di suatu desa. Profil beban ini memberikan gambaran waktu dan besaran kapasitas listrik yang dibutuhkan per jamnya, sehingga akan memudahkan dalam perencanaan desain sistem dan pola operasi PLTS Terpusat.

Metode yang digunakan adalah pendekatan dari bawah ke atas (*bottom-up approach*) dengan mengetahui detail kebutuhan listrik masyarakat, kemudian merancang sistem PLTS Terpusat berdasarkan kebutuhan spesifik tersebut.



Gambar 9 Tahapan Survei Verifikasi Kebutuhan Listrik

Sebagai gambaran, jenis-jenis kebutuhan dan penggunaan listrik di suatu desa biasanya sebagai berikut:

Tabel 8 Jenis-jenis kebutuhan dan penggunaan listrik

No	Kategori Pengguna Listrik	Metode Survei	Penggunaan tenaga listrik
1	Sektor Rumah Tangga, Kebutuhan Pokok	Penyebaran kuesioner dan/atau wawancara dilakukan kepada setiap calon pelanggan listrik yang akan tersambung dengan PLTS Terpusat, atau dapat pula dilakukan dengan pengambilan sampel penerima manfaat.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lampu penerangan</li> <li>Alat komunikasi (<i>charging</i> baterai)</li> </ul>
	Sektor Rumah Tangga, Kebutuhan Tersier/Konsumtif  Catatan: Bebagi alat kebutuhan konsumtif Rumah Tangga ini biasanya memerlukan daya listrik yang besar.		<ul style="list-style-type: none"> <li>Televisi</li> <li>Alat pemasak nasi (<i>rice cooker</i>)</li> <li>Kulkas pendingin (<i>refrigerator</i>)</li> <li>Setrika</li> <li>Kipas angin</li> <li>Pompa air</li> <li>AC</li> <li>Pemanas air listrik</li> </ul>
2	Sektor Fasilitas Umum (Fasum) dan Fasilitas Sosial (Fasos)	Penyebaran kuesioner dan/atau wawancara dilakukan melalui koordinasi dengan Perangkat Desa (Pak Kades) atau lembaga desa (misalnya LKMD = Lembaga Ketahanan Masyarakat Desa) setempat, di mana PLTS Terpusat diajukan untuk dibangun.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Penerangan jalan (ditentukan di titik-titik vital)</li> <li>Pompa air minum bersama</li> <li>Fasilitas tempat ibadah (penerangan dan alat pengeras suara)</li> <li>Fasilitas pusat kesehatan (alat pendinginan penyimpan obat-obatan)</li> <li>Fasilitas pendidikan (penerangan, alat peraga belajar mengajar, komputer)</li> <li>Fasilitas balai desa (penerangan, radio HT, alat pengeras suara, komputer)</li> <li>Media televisi dan radio bersama di balai desa atau tempat potential</li> <li>Dan lain-lain sesuai kebutuhan prioritas di masyarakat</li> </ul>

Tabel 8 Jenis-jenis kebutuhan dan penggunaan listrik

No	Kategori Pengguna Listrik	Metode Survei	Penggunaan tenaga listrik
3	Sektor Ekonomi Produktif	Penyebaran kuesioner dan/atau wawancara dilakukan melalui koordinasi dengan kelompok masyarakat setempat yang sudah mengelola usaha produktif ekonomi masyarakat. Biasanya masyarakat sudah mempunyai kelompok-kelompok usaha tertentu seperti Usaha Kelompok Tani, Kelompok Nelayan, Kelompok Pengerajin, Kelompok Usaha Ibu-Ibu, dan lain sebagainya.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alat penggerak pengolahan produk pertanian (misalnya penggilingan padi dengan motor listrik, penggilingan kopi, dll)</li> <li><i>Cold storage</i> untuk penyimpanan produk perikanan laut</li> <li>Alat produksi kerajinan</li> <li>Alat dapur elektronik untuk industri rumah tangga</li> <li>Dan lain-lain</li> </ul>

### 3.2.1. Kebutuhan Data dalam Survei

Kebutuhan data dan informasi dalam survei ini adalah:



Tabel 9 Check List Data dan Informasi Survei Kebutuhan Listrik

Tujuan	Data dan informasi yang dibutuhkan
1 Menghitung kebutuhan energi rumah tangga	<input type="checkbox"/> jumlah KK, daftar nama Kepala Keluarga, beserta nomor identitas (KTP dan KK) <input type="checkbox"/> rata-rata luas rumah & jumlah penghuni <input type="checkbox"/> kondisi struktur & material bangunan rumah <input type="checkbox"/> jumlah titik lampu <input type="checkbox"/> alat elektronik yang digunakan dalam rumah <input type="checkbox"/> mata pencarian penduduk (laki-laki & perempuan) <input type="checkbox"/> kebutuhan listrik untuk kegiatan ekonomi (laki-laki & perempuan) <input type="checkbox"/> pola penggunaan listrik harian (jam berapa saja alat-alat listrik digunakan dalam rentang 24 jam di hari biasa, maupun hari libur)
2 Menghitung kebutuhan energi fasilitas umum dan fasilitas sosial	<input type="checkbox"/> jumlah dan jenis fasum & fasos (termasuk sumber air <sup>5</sup> /sanitasi umum, tempat ibadah, pusat kesehatan, balai desa, dll) <input type="checkbox"/> alat listrik yang ada/dibutuhkan (seperti kebutuhan pendingin di puskesmas/pustu/posyandu, kebutuhan fasilitas internet disekolah, pengeras suara di tempat ibadah, termasuk lampu, dll) <input type="checkbox"/> jumlah PJU yang dibutuhkan (gambarkan rencana titik-titik lampunya pada peta) <input type="checkbox"/> pola penggunaan listrik harian (jam berapa saja alat-alat listrik digunakan dalam rentang 24 jam di hari biasa, maupun hari libur)

5) Data yang dibutuhkan adalah volume harian kapasitas air minum yang dibutuhkan masyarakat. Data ini kemudian digunakan untuk menentukan volume bak air, kapasitas pompa, dan daya listrik yang dibutuhkan. Sebagai alternatif, jika terdapat sumber mata air dan masyarakat masih susah untuk mengumpulkan dan memompa air, maka dapat menggunakan sistem pompa air tenaga surya. Sistem pendistribusian air dapat menggunakan sistem gravitasi dan bak air utama melalui pipa-pipa ke rumah-rumah atau titik-titik yang disepakati bersama

**Tabel 9 Check List Data dan Informasi Survei Kebutuhan Listrik**

Tujuan		Data dan informasi yang dibutuhkan
3	Menghitung kebutuhan energi ekonomi produktif	<input type="checkbox"/> tingkat pendidikan penduduk (laki-laki & perempuan) <input type="checkbox"/> mata pencaharian saat ini dan potensi pengembangan perekonomian, termasuk jasa komersial <sup>6</sup> dan industri lokal <sup>7</sup> (oleh laki-laki & perempuan) <input type="checkbox"/> alat listrik yang dibutuhkan, misalnya <i>cold storage</i> untuk nelayan, mesin giling/mesin pengaduk petani, alat2 listrik untuk industri rumah tangga, dsb <input type="checkbox"/> kebutuhan sistem telekomunikasi dan audiovisual (GSM, televisi, parabola, komputer, internet) <input type="checkbox"/> estimasi pertumbuhan ekonomi dan dampaknya ke pendapatan masyarakat <input type="checkbox"/> pola penggunaan listrik harian (jam berapa saja alat-alat listrik digunakan dalam rentang 24 jam di hari biasa, maupun hari libur)



### 3.2.2. Membuat Analisis Profil Beban

Dalam kegiatan tahap pertama, telah dihasilkan perhitungan kebutuhan listrik masyarakat desa yang dikelompokkan dalam 3 kategori, yaitu **Kebutuhan Listrik Rumah Tangga, Kebutuhan Listrik Fasilitas Umum dan Fasilitas Sosial, dan Kebutuhan Listrik Ekonomi Produktif Masyarakat.**

Selanjutnya data kebutuhan listrik ini dianalisis dalam bentuk profil beban kebutuhan listrik. Manfaat informasi profil beban ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui jumlah total harian energi listrik yang dibutuhkan masyarakat
2. Mengetahui kebutuhan daya maksimum dan minimum yang akan terjadi
3. Mengetahui fluktuasi penggunaan daya atau energi listrik melalui profil waktu dalam sehari.

Sebagai gambaran, misalnya survei kelayakan di suatu desa menghasilkan data sebagai berikut:



**Contoh hasil survei kebutuhan listrik tiap Rumah Tangga dalam 1 hari:**

- Lampu penerangan: 3 titik lampu LED, kapasitas tiap lampu 10 W, dan menyala selama 12 jam pada waktu malam hari dari jam 18:00 sampai jam 06:00.
- Perhitungan listrik = 3 unit  $\times$  10 W  $\times$  12 jam = 360 Wh
- Kebutuhan cadangan (*charging* HP, kipas angin, dll)= 120 Wh.
- Jadi kebutuhan tiap rumah menjadi = 360 + 120 = 480 Wh.
- Berdasarkan perhitungan di atas, 480 Wh dijadikan jatah batasan maksimum Kuota Energi Listrik per rumah per harinya.
- Jumlah total rumah calon konsumen sebanyak 100 rumah.

6) Termasuk pertimbangan pusat/sarana hiburan, toko kebutuhan sehari-hari, warung/rumah makan, dll.

7) Pemrosesan hasil pertanian/perkebunan untuk menambah nilai ekonomi komoditas, industri rumah tangga, dll

**Contoh hasil survei kebutuhan listrik Fasilitas Umum dan Fasilitas Sosial:**

- Untuk keperluan penerangan lampu jalan (PJU) dibutuhkan 50 titik lampu dengan menggunakan standar PJU tinggi 6 meter daya lampu 20 W. Penggunaan lampu pada waktu malam hari selama 10 jam. Maka akan dibutuhkan total listrik sebesar = 50 titik  $\times$  20 W  $\times$  10 jam = 10.000 Wh per harinya.
- Dibutuhkan pompa air minum untuk memompa kebutuhan air minum sebesar 10 m<sup>3</sup>/hari. Maka dengan 1 unit pompa air daya 800 W dengan kemampuan pompa 150 liter/menit, akan dibutuhkan listrik kurang lebih 1.200 Wh per hari (dengan cadangan waktu operasi pompa 0,5 jam).
- Misalnya terdapat 2 bangunan sekolah, dengan kebutuhan lampu di malam hari dan beberapa peralatan listrik pendukung. Dalam hal ini diperkirakan 4 jam operasional listrik di siang hari (daya 50 Watt) dan 10 jam operasional lampu di malam hari (daya 100 Watt), akan dibutuhkan listrik sebesar 2.400 Wh per hari.
- Misalnya terdapat 1 puskesmas/posyandu, dengan kebutuhan lampu di malam hari, serta kulkas untuk penyimpanan vaksin dan obat-obatan. Pemakaian listrik selama 3 jam di siang hari (daya 200 Watt) dan 10 jam di malam hari (daya 250 Watt), akan dibutuhkan listrik sebesar 3.100 Wh per hari.
- Misalnya terdapat 1 kantor desa, dengan kebutuhan lampu di malam hari, pengeras suara, serta komputer untuk administrasi desa. Pemakaian listrik selama 6 jam di siang hari (daya 200 Watt) dan 5 jam (rata-rata) di malam hari (daya 60 Watt), akan dibutuhkan listrik sebesar 1.500 Wh per hari.



**Contoh hasil survei kebutuhan listrik Ekonomi Produktif Masyarakat:**

- Misalnya dibutuhkan 2 unit *refrigerator* (kulkas) @300 Watt untuk usaha warung/rumah makan, dengan rata-rata pemakaian dengan daya tertinggi adalah 4 jam di siang hari dan 2 jam di malam hari, akan dibutuhkan listrik sebesar 3.600 Wh per hari.
- Misalnya dibutuhkan 2 alat penggilingan produk pertanian dengan daya motor listrik sebesar 500 Watt yang beroperasi selama 2 jam per hari. Maka dibutuhkan energi listrik sebesar kurang lebih 2.000 Wh per harinya.

Contoh kebutuhan listrik tersebut terangkum dalam tabel berikut:

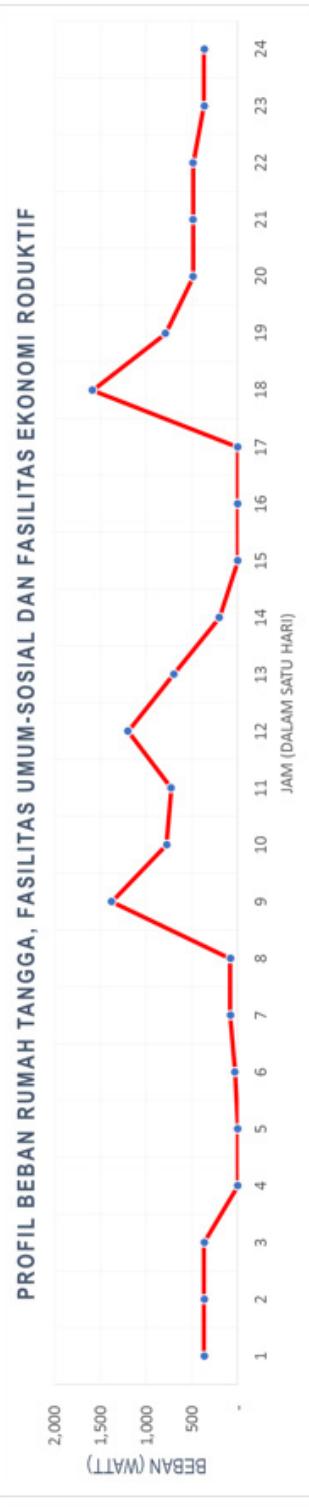
Tabel 10 Perhitungan Kebutuhan Listrik Berdasarkan Hasil Survei

No	Jenis Peralatan/ Beban	Jumlah	Daya		Operasi per Hari		Kebutuhan Energi Harian per Beban		Kebutuhan Energi Harian Total (Wh)	
			(Watt)		(Jam)		(Wh)			
			Siang	Malam	Siang	Malam	Siang	Malam		
			(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)=(2)*(4)	(7)=(3)*(5)	(8)=(1)*{(6)+(7)}
	RUMAH (rata-rata)	100	30	60	6	5	180	300	48000	
	FASUM - FASOS									
1	Sekolah	2	50	100	4	10	200	1000	2400	
2	Puskesmas	1	200	250	3	10	600	2500	3100	
3	Kantor Desa	1	200	60	6	5	1200	300	1500	
4	Pompa air	1	800	800	1	0.5	800	400	1200	
5	PJU (Penerangan Jalan Umum)	50	0	20	0	10	0	200	10000	
	FASILITAS EKONOMI									
1	Cold Storage/ Mesin Pendingin	2	300	300	4	2	1200	600	3600	
2	Mesin giling	2	500	500	2	0	1000	0	2000	
3	Dst.									
	TOTAL		2080	2090			5180	5300	71800	

Tabel 11 Contoh Profil Beban Kebutuhan Listrik Sektor Rumah Tangga, Fasum/Fasos, dan Ekonomi Produktif

No	Jenis Peralatan/ Beban	Jumlah	Jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Total Beban
1	RUMAH	100	2	100	100	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	48.000	
2	FASUM/FASOS	1	250	250	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	2.400	
3	Puskesmas	1	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	3.100	
4	KANTOR DESA	1	200	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	5.000	
5	PJU	1	50	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	1.600	
6	FASUM/FASOS	1	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	10.000	
7	FASILITAS EKONOMI Rerigerator / Kulkas	2	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	3.600	
8	FASILITAS EKONOMI Mesin Giling	2	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	2.000	
	TOTAL BEBAN		370	370	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	71.200		

PROFIL BEBAN RUMAH TANGGA, FASILITAS UMUM-SOSIAL DAN FASILITAS EKONOMI RODUKTIF



Gambar 10 Contoh Kurva Beban Harian

Analisis kurva beban harian berdasarkan perhitungan kebutuhan listrik dapat juga ditampilkan secara terpisah antara Sektor Rumah Tangga, Fasum dan Fasos, serta Kegiatan Ekonomi Produktif (3 kurva beban). Pada praktiknya di lapangan, kurva beban ini akan membantu operator PLTS terpusat off-grid dalam mengatur pengoperasian PLTS sesuai dengan permintaan/kebutuhan beban/konsumen<sup>8</sup>.

8) Template pembuatan profil beban dan kurva beban dapat dilihat pada file excel yang tidak terpisahkan dari Buku Panduan ini.

### 3.3.

## Panduan Survei Aspek Kelayakan Teknis

**Tujuan** survei kelayakan teknis adalah untuk mengetahui faktor-faktor di lapangan yang akan mempengaruhi hal-hal teknis seperti rancangan sistem PLTS, transportasi material, peletakan komponen, serta instalasi sistem. Faktor-faktor tersebut meliputi potensi Sumber Daya Fotovoltaik, lokasi lahan/site PLTS, dan faktor lainnya.



Gambar 11 Tahapan Survei Aspek Kelayakan Teknis

### 3.3.1. Penilaian Sumber Daya Fotovoltaik



Sinar matahari merupakan sumber energi dari rangkaian sel surya. **Tujuan** pengukuran sumber energi pada suatu lokasi adalah untuk memprediksi pasokan energi yang dapat dihasilkan oleh PLTS terpusat yang direncanakan. Pengukuran sumber energi, serta upaya mengkonversi dan memprediksi keluarannya selama dua puluh tahun, tentu sangat bergantung pada data dan teknik pemodelan yang tepat.

Terdapat dua metode verifikasi data yaitu melalui pengukuran data primer dan data sekunder. Verifikasi data primer dilakukan melalui pengukuran langsung potensi radiasi matahari pada lokasi dimana PLTS akan dibangun, minimal selama 1 tahun (jangan lupa sebutkan waktu dan lama pengukuran primer yang telah dilakukan di dalam dokumen proposal/FS). Sedangkan, data sekunder diperoleh dari badan atau otoritas yang memiliki kewenangan untuk menerbitkan data radiasi. Apabila data lama penyinaran matahari dari BMKG tidak tersedia, maka dapat digunakan data citra satelit dari badan seperti NASA, NREL, atau Solargis.

Beberapa situs yang dapat diakses sebagai sumber data pemodelan:

- I. **NASA-Langley Distributed Archive** (<https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>)

Masukkan koordinat lokasi PLTS untuk memperoleh data total iradiasi harian rata-rata dalam satu tahun untuk *Global Horizontal Irradiance* (GHI). Berikut merupakan contoh data iradiasi untuk Kota Jakarta:



**Surface meteorology and Solar Energy**  
A renewable energy resource web site (release 6.0)  
sponsored by NASA's Earth Science Enterprise Program



A collaboration with the CANMET Energy Technology Centre - Varennes (CETC-Varennes) has produced data output useful to users of the RETScreen® International Clean Energy Project Analysis Software.

#### To access data for RETScreen:

Enter BOTH latitude and longitude either in decimal degrees or degrees and minutes separated by a space.

Latitude 33.5  
Longitude -80.75

Latitude 33 30  
Longitude -80 45

North: 0 to 90

South: 0 to -90

East: 0 to 180

West: 0 to -180

Latitude? 33.1751  
Longitude? 106.8650

Submit | Reset | This form is "Reset" if the input is out of range.



Learn more about the  
[NASA Surface  
meteoroology and Solar  
Energy Data Set](#)

Responsible Officials: [Paul W. Stockhouse, Jr., Ph.D.](#), [Charles H. Whitlock, Ph.D.](#)  
Archive: John M. Kusterer  
Site Administration/Help: NASA Langley [ASDC User Services](#) ([larc@eos.nasa.gov](#))  
[Privacy Policy and Important Notices](#)  
Last Updated March 26, 2008



**NASA Surface meteorology and Solar Energy: RETScreen Data**



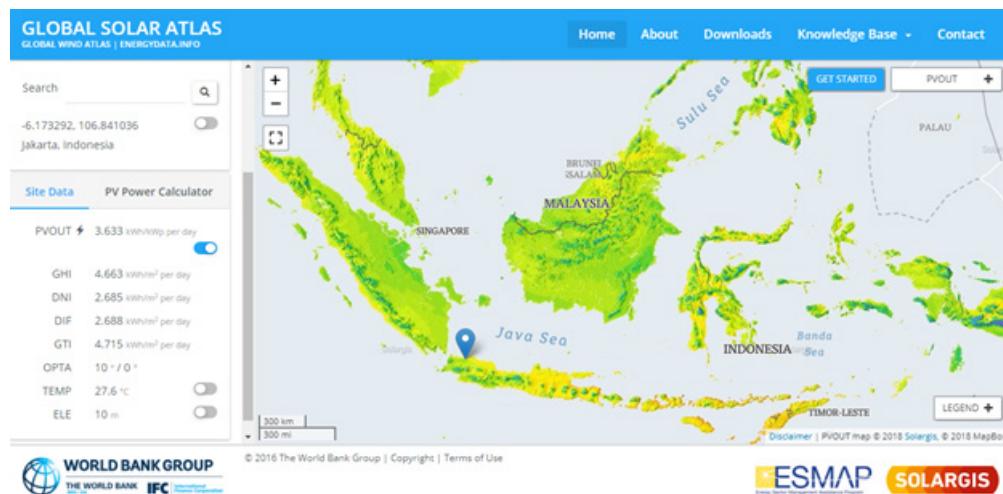
Latitude 6.175 / Longitude 106.865 was chosen.

	Unit	Climate data location
Latitude	°N	6.175
Longitude	°E	106.865
Elevation	m	0
Heating design temperature	°C	23.78
Cooling design temperature	°C	28.78
Earth temperature amplitude	°C	2.01
Frost days at site	day	0

Month	Air temperature	Relative humidity	Daily solar radiation - horizontal	Atmospheric pressure	Wind speed	Earth temperature	Heating degree-days	Cooling degree-days
	°C	%	kWh/m²/d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d
January	25.8	80.4%	5.20	101.1	7.0	26.0	0	490
February	25.8	81.0%	5.96	101.1	5.5	26.3	0	445
March	26.4	80.4%	6.59	101.0	4.7	27.5	0	508
April	27.3	79.8%	6.68	100.9	3.2	29.1	0	517
May	27.8	80.1%	5.76	100.9	2.8	29.9	0	552
June	27.8	79.6%	4.97	100.9	4.4	29.8	0	534
July	27.6	79.2%	4.78	100.9	4.3	29.4	0	546
August	27.6	79.2%	4.99	100.9	4.7	29.2	0	546
September	27.4	79.3%	4.96	101.0	4.0	29.2	0	522
October	27.0	81.9%	4.76	101.0	3.4	29.1	0	527
November	26.6	82.6%	4.81	101.0	4.9	28.0	0	499
December	26.2	80.6%	4.57	101.1	7.0	26.6	0	503
Annual	26.9	80.3%	5.34	101.0	4.6	28.3	0	6189
Measured at (m)					10.0	0.0		

Gambar 12 Contoh Data Radiasi Kota Jakarta dari NASA

## 2. Solargis (<http://globalsolaratlas.info>)



Gambar 13 Tahapan Survei Verifikasi Kebutuhan Listrik

3. Laboratorium Energi Terbarukan Nasional (NREL) Departemen Energi Amerika Serikat.
4. Sistem swasta lainnya yang dapat dibeli, misalnya software RETSCREEN, yang merupakan sistem swasta dari sumber terbuka (*open source*)

Pada prinsipnya, untuk PLTS terpusat, penggunaan data sekunder dari badan-badan yang telah disebutkan sudah cukup handal secara probabilitas, karena badan tersebut telah mengolah data dari puluhan tahun yang lalu.

**Penting untuk diingat**, bahwa output akan bervariasi sepanjang hari dan tahun karena posisi matahari. Efek cuaca seperti awan, kelembapan atmosfer dan temperatur lokal juga memiliki dampak yang signifikan pada kinerja PLTS. Faktor-faktor tersebut sangat kompleks dan tidak ada model yang menggunakan data masa lalu dapat dengan sempurna memprediksi tingkat kinerja dalam interval waktu yang pendek (jam/hari/minggu). Namun demikian, data rata-rata bulanan dan tahunan diketahui cukup akurat.

Sebagai contoh, cuaca pada tanggal 23 Maret tahun ini tidak dapat diprediksi dengan menggunakan data cuaca pada tanggal yang sama di tahun-tahun sebelumnya. Namun cuaca pada bulan Maret tahun ini dapat diprediksi tidak akan terlalu berbeda jauh dengan bulan maret pada tahun-tahun sebelumnya.

Dari data GHI yang sudah diperoleh, rugi-rugi energi pada sistem dapat dihitung. Produksi energi sistem PLTS yang dianalisis sudah termasuk perhitungan berbagai rugi-rugi energi pada sistem, yaitu:

1. konversi intensitas radiasi matahari menjadi listrik AC pada titik pengukuran
2. komponen-komponen dalam sistem (diidentifikasi pada studi awal untuk meningkatkan akurasi pengukuran kinerja). (termasuk menghitung rugi-rugi sudut kemiringan tetap sebesar sekitar 15-16%).
3. degradasi modul (sekitar 0,5 hingga 1% per tahun) sesuai dengan spesifikasi modul dari produsen.

Secara umum, total produksi energi sistem PLTS setelah dikurangi rugi-rugi (*PV out*) adalah sebesar 75 - 80% dari GHI.

### 3.3.2. Penentuan Lokasi Lahan/Site PLTS



**Tujuan** dari langkah ini adalah untuk memastikan ketersediaan lahan yang sesuai secara teknis, bebas konflik, serta jelas status kepemilikan/legalnya. Penentuan lokasi lahan/site PLTS harus berkoordinasi dengan perangkat desa (Kepala Desa, Kepala Dusun, dll) dan masyarakat setempat, karena biasanya berhubungan dengan ketersediaan dan status lahan yang akan digunakan bagi fasilitas PLTS Terpusat. Pertimbangan utama dalam menentukan lokasi lahan/site PLTS adalah:

1. **Ketersediaan Lahan.** Hal ini terkait luasan lahan dan kesesuaianya dengan rencana spasial-pemanfaatan lahan di wilayah terkait, serta perolehan izin penggunaan lahan untuk fungsi PLTS. Luasan lahan harus memadai untuk ukuran sistem PLTS yang direncanakan. Pada umumnya, + 2 hektar lahan per MWDC diperlukan untuk lokasi yang dekat dengan garis Khatulistiwa. Sedangkan untuk lokasi yang makin menjauhi garis Khatulistiwa (ke Utara atau ke Selatan), lahan yang diperlukan akan semakin besar untuk memperhitungkan efek *shading* antar baris. Sebagai gambaran, rata-rata pengembangan di Indonesia, untuk kapasitas PLTS Terpusat 20 kWp akan membutuhkan lahan sekitar 500 m<sup>2</sup>, dan kapasitas 50 kWp membutuhkan lahan sekitar 1500 m<sup>2</sup>.
2. **Status kepemilikan lahan.** Hal ini terkait dengan status legalitas lahan, apakah milik pemerintah, desa, atau komunal/masyarakat adat. Status legalitas lahan perlu dipastikan sejak awal untuk menghindari adanya konflik di kemudian hari, yang akan mempengaruhi proses serah terima hibah.
3. **Kondisi geografis lahan.** Meliputi karakteristik topografi, geologi, hidrografi, dan seismik. Hal ini terkait dengan kebutuhan konstruksi sipil untuk panel dan modul PV. Misalnya, karakteristik tanah berbatu yang tidak teratur, Karst, atau bebatuan yang sangat keras akan menjadi masalah dalam proses konstruksinya. Hindari lahan basah, lahan yang mudah terkena banjir, daerah aliran sungai, zona yang tidak stabil (mudah longsor) dan drainase.

4. **Kondisi lokasi untuk menunjang operasional PLTS.** Lahan harus bersih dari atau hanya mengalami sedikit gangguan *shading*. Bentuk dari paket adalah saling berdekatan dan se bisa mungkin berbentuk persegi panjang. Kondisi lahan harus bersih dari kemungkinan adanya benda-benda yang terkubur seperti peralatan listrik, fondasi bersejarah, ataupun limbah. Lahan yang bertingkat atau miring ke arah matahari akan lebih menguntungkan (miring ke arah utara jika lokasi lahan di daerah selatan khatulistiwa; atau miring ke arah selatan jika lokasi lahan di daerah utara khatulistiwa).

Terkait dengan efisiensi jaringan distribusi listrik dari PLTS ke konsumen, maka lokasi PLTS sebaiknya berada di tengah-tengah peyebaran lokasi rumah-rumah konsumen, sehingga jarak jaringan listrik ke rumah-rumah warga konsumen tidak terlalu panjang, yang juga akan mempengaruhi besarnya rugi-rugi sistem (*losses*) pada jaringan.

5. **Akses/transportasi menuju lokasi proyek**, meliputi akses untuk penumpang (orang/tenaga kerja) serta akses untuk material sipil maupun komponen PLTS. Jika terdapat beberapa alternatif lokasi, kedekatan dan kemudahan akses ke lokasi dari sumber material perlu dijadikan pertimbangan utama. Analisis akses ini perlu mempertimbangkan jarak dari *hub* transportasi (pelabuhan, terminal, stasiun, bandara, dll) dan jarak dari pusat kota, perkiraan waktu dan biaya yang diperlukan untuk mencapai lokasi, kondisi infrastruktur dan sarana prasarana untuk mencapai lokasi, dan sebagainya.
6. **Pertimbangan dampak lingkungan**. Daerah dengan dampak lingkungan yang minimal akan memperlancar proses pembangunannya. Misalnya, perlu dipertimbangkan apakah lokasi yang diusulkan dekat dengan kawasan konservasi/lindung, atau akses menuju lokasi harus melalui kawasan konservasi/lindung. Termasuk juga pertimbangan dampak lingkungan yang mungkin ditimbulkan dari pengembangan jaringan distribusi ke rumah-rumah penduduk yang dilayani.

### 3.3.3. Kebutuhan Data dalam Survei

Setelah memperoleh data potensi sumber daya fotovoltaik dan mengetahui lokasi dimana PLTS akan dibangun, berikut beberapa data dan informasi pendukung yang juga perlu dikumpulkan saat pelaksanaan survei di lapangan:



Tabel 12 Check List Kebutuhan Data Survei Aspek Teknis

	Tujuan	Data dan informasi yang dibutuhkan
1	Mengidentifikasi <b>lokasi dan karakteristik lahan</b> untuk konstruksi sipil dan instalasi komponen PLTS	<input type="checkbox"/> koordinat lokasi <i>site</i> , elevasi tanah, & status lahan bentuk lahan, kontur/kemiringan, ketinggian tanah, & dimensi (persegi panjang, bujur sangkar, bertingkat, miring ke arah utara/selatan, dll) <input type="checkbox"/> ada/tidak pengaruh bayangan ( <i>shading</i> ) <input type="checkbox"/> karakteristik/kerentanan tanah, jenis lahan (gambut/basah/kering), dan struktur batuan untuk fondasi <i>grounding</i> <input type="checkbox"/> data BMKG/NASA (suhu udara rata-rata, kelembapan relatif, curah hujan, kecepatan angin, curah petir) <input type="checkbox"/> rawan gempa/gunung api
2	Mengidentifikasi <b>pola penyebaran rumah warga penerima manfaat PLTS terpusat</b>	<input type="checkbox"/> jarak terdekat dengan <i>site</i> PLTS <input type="checkbox"/> jarak terjauh dengan <i>site</i> PLTS <input type="checkbox"/> titik koordinat tiap rumah sesuai daftar KK <input type="checkbox"/> kesesuaian/alternatif konfigurasi sistem: 1 cluster; 2 cluster; 3 cluster; dst berdasarkan jarak antar rumah
3	Mengetahui dan <b>menganalisis akses orang maupun barang</b> menuju ke lokasi PLTS	<input type="checkbox"/> Lokasi administratif desa sasaran ( <i>site</i> PLTS) <input type="checkbox"/> jarak dan waktu tempuh dari <i>site</i> PLTS dari <i>hub</i> moda transportasi (bandara, pelabuhan, stasiun, terminal, dll) <input type="checkbox"/> deskripsi kondisi jalan/akses ke <i>site</i> PLTS dari <i>hub</i> moda transportasi terdekat <input type="checkbox"/> Kerawanan bencana (gunung Meletus, banjir, gempa, dll)
4	Antisipasi <b>penyambungan PLTS dengan jaringan PLN</b> di masa depan	<input type="checkbox"/> Jarak jaringan PLN terdekat dari <i>site</i> PLTS <input type="checkbox"/> Rencana pengembangan jaringan PLN ke depan

Penjabaran hasil survei kelayakan teknis di dalam laporan dapat dilakukan dalam bentuk deskripsi kondisi di lapangan, dilengkapi dengan tabel data-data rinci (jika ada), dan disertai penjelasan implikasi terhadap perancangan teknis untuk optimalisasi dan efisiensi sistem PLTS yang diusulkan. Misalnya, diketahui lahan yang diusulkan untuk lokasi pembangunan PLTS adalah lahan Pemerintah Daerah seluas 280 m<sup>2</sup>. Dengan memperhatikan kondisi vegetasi di sekeliling lahan tersebut, perancangan sistem PLTS direkomendasikan menggunakan ukuran luas maksimum 250 m<sup>2</sup> untuk menghindari faktor *shading*/bayangan yang mengurangi efisiensi pemanfaatan energi fotovoltaik.

### 3.4.

### Panduan Survei Aspek Kelayakan Kelembagaan, Sosial, dan Budaya

Survei aspek kelembagaan, sosial, dan budaya masyarakat (termasuk aspek gender) diperlukan untuk upaya identifikasi potensi risiko sosial budaya terhadap pengembangan PLTS Terpusat sehingga dapat dilakukan upaya mitigasi risiko tersebut.



Identifikasi Lembaga Pengelola PLTS

Kenali Kondisi Sosial & Budaya

Pahami Aspek Gender

Potensi & Mitigasi Risiko Kelembagaan, Sosbud

Gambar 14 Tahapan Survei Aspek Kelembagaan, Sosial, dan Budaya

### 3.4.1. Kelembagaan Pengelola PLTS



**Tujuan** survei aspek kelembagaan pengelola PLTS, serta aspek sosial dan budaya masyarakat, adalah untuk membantu memastikan bahwa PLTS yang akan dibangun nantinya dapat diserahterimakan kepada lembaga yang ditunjuk/masyarakat, dan akan dikelola dengan baik dan berkelanjutan. Penting untuk memastikan bahwa PLTS yang dibangun dan diserahterimakan memiliki lembaga pengelola dengan ketetapan hukum dan SDM yang memadai. Oleh karena itu, penyiapan lembaga pengelola perlu dilakukan sejak awal perencanaan pembangunan PLTS terpusat off-grid, sehingga peningkatan kapasitas SDM dapat direncanakan dan dilaksanakan dengan baik.

Penentuan lembaga pengelola perlu memperhatikan keterkaitan antara lembaga/tim pengusul, pelaksana pembangunan PLTS terpusat off-grid, serta penerima manfaat listrik tersebut nantinya, bahkan penyandang dana projek tersebut. Sebagai pembelajaran dari pelaksanaan Permen ESDM no.39 tahun 2017, yang telah diubah dengan Permen ESDM no.12 tahun 2018, penentuan lembaga pengelola diarahkan dengan mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

- I. Kesesuaian antara lembaga pengelola yang ditunjuk dengan lembaga pengusul kegiatan/proyek PLTS off-grid, yang telah diatur sebagai berikut:

Tabel 13 Lembaga Pengelola PLTS Terpusat

PENGUSUL KEGIATAN	ALTERNATIF LEMBAGA PENGELOLA / PENERIMA MANFAAT					
	BUMN	BUMD	KOPERASI	KELOMPOK MASYARAKAT/ PAGUYUBAN, DLL	K/L ATAU SATKER DI LINGKUNGAN K/L	PEMDA PROV/ KAB/ KOTA
PEMERINTAH DAERAH PROVINSI/ KAB/ KOTA		✓	✓	✓		
SATKER DI LINGKUNGAN KEMENTERIAN			✓		✓	
KEMENTERIAN/ LEMBAGA NON KEMENTERIAN	✓				✓	
PIMPINAN/ ANGGOTA LEMBAGA NEGARA		✓				✓

Sumber: Permen ESDM No.39/2017

Namun perlu diingat ketentuan nomor dua di bawah ini, terkait dengan ketentuan hukum lembaga pengelola.

2. (Lembaga) Pengelola hasil Kegiatan Fisik Pemanfaatan EBTKE harus berbadan hukum (misalnya Perusda). Jika pengelola akan melakukan transaksi jual beli tenaga listrik dengan PLN atau dengan pemegang izin usaha penyediaan tenaga listrik (lainnya), maka pengelola harus juga mengantongi izin usaha penyediaan tenaga listrik (IUPTL).

Komunikasi dan koordinasi berkala dengan semua pemangku kepentingan terkait dengan penyiapan lembaga pengelola ini penting untuk dilakukan sejak proses penyiapan dan pengusulan proposal. Hal ini mengingat banyak faktor yang perlu diperhatikan dalam proses pembentukan, pengembangan, maupun penguatan organisasi kelembagaan pengelola, baik dari sisi organisasi dan sumber dayanya. Dimana nantinya, faktor pendanaan atau pembiayaan pengoperasian dan pemeliharaan PLTS terpusat (*Off-grid*) juga akan dipengaruhi oleh kesiapan lembaga pengelolanya.



Contoh keberhasilan BUMDES dalam mengelola kegiatan komersial di Desa Ponggok, Klaten: PT. Tirta Mandiri

Walaupun tidak spesifik terkait pengelolaan PLTS terpusat *off-grid*, namun PT. Tirta Mandiri dapat menjadi pembelajaran terkait kemampuan BUMDES dalam mengelola kegiatan komersial.

Pada tahun 2009, pengembangan kegiatan komersial (=wisata umbul ponggok) oleh Perusda PT. Tirta Mandiri, diawali dengan tiga karyawan dan modal berasal dari uang kas desa. Selama beberapa bulan pertama merugi karena masih belum ada pendapatan. Karyawan pun digaji dibawah UMK, belum lagi untuk pembayaran listriknya. Sejak tahun 2014 hingga sekarang, pendapatan mulai meningkat, diawali adanya wisatawan yang mem-posting objek wisata umbul ponggok melalui media sosial.

Kendala utama pada awal pengembangan adalah kerja sama dan dukungan masyarakat untuk menjaga kawasan umbul ponggok supaya tetap bersih dan menarik untuk wisatawan. Solusi yang diberikan adalah dengan memfasilitasi kebutuhan masyarakat (=menyediakan kamar mandi umum, supaya tidak mandi di umbul ponggok), serta memberdayakan masyarakat lokal (= mempekerjakan tenaga kerja lokal).

Saat ini, dengan penghasilan mencapai belasan miliar rupiah, BUMDES Tirta Mandiri mengalokasikan 30% pendapatannya masuk kas desa, 10-15% untuk CSR, 15% untuk operasional, 20% untuk pengembangan, dan 10-20% untuk cadangan modal.

Sumber: <https://www.validnews.id/BUMDes-Tirta-Mandiri---Mengubah-Yang-Tertinggal-Jadi-Terkenal-V0000705>

Salah satu kunci keberhasilan utama pengelolaan kegiatan komersial adalah mengupayakan **masyarakat merasakan manfaat secara langsung**. Dalam hal PLTS terpusat, masyarakat perlu memahami bahwa listrik itu penting untuk kehidupan mereka karena dapat meningkatkan taraf/kualitas hidup, sehingga dengan sadar masyarakat akan bersedia membayar iuran listrik secara teratur.

Diharapkan, semakin lama konsumen akan bertambah seiring meningkatnya taraf hidup masyarakat.

Selain itu, keberlanjutan manfaat akses listrik yang dirasakan oleh masyarakat, salah satunya dipengaruhi oleh kemampuan sumber daya manusia dalam kelembagaan yang terpilih/ditunjuk. Oleh karena itu, penting untuk memastikan bahwa lembaga pengelola memiliki pemahaman dan kemampuan yang dibutuhkan untuk menjalankan fungsi operasional dan perawatan, setidak-tidaknya seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

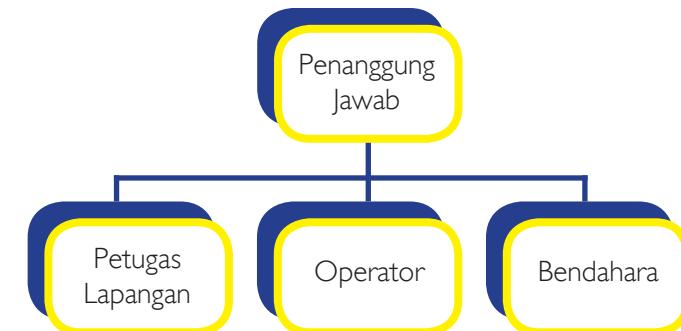
*Tabel 14 Cakupan Tugas dan Fungsi Lembaga Pengelola PLTS*

FUNGSI	DETAIL KEGIATAN	KEBUTUHAN SDM
MANAJEMEN	<ul style="list-style-type: none"> <li>Penetapan besarnya iuran berdasarkan musyawarah warga/penerima manfaat<sup>9</sup></li> <li>Memediasi kesepakatan kewajiban pembayaran tiap bulan, serta sanksi jika ada warga yang tidak membayar</li> <li>Perlunya upaya sosialisasi secara rutin untuk memunculkan dan memperkuat rasa memiliki masyarakat terhadap PLTS off-grid yang dibangun oleh Pemerintah</li> <li>Mencari sumber pendanaan pendukung (selain iuran warga)</li> <li>Penjadwalan siklus perawatan</li> </ul>	Penanggung jawab: 1 orang, idealnya tokoh masyarakat Sekretaris: 1 orang ( <i>optional</i> )
PENGELOLAAN KEUANGAN	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proaktif mengumpulkan iuran warga</li> <li>Pencatatan pengumpulan iuran warga</li> <li>Pencatatan pengeluaran biaya operasional</li> <li>Pelaporan kas pengelolaan unit PLTS off-grid</li> <li>Jika SDM terbatas, maka fungsi bendahara dapat dirangkap langsung oleh Penanggung Jawab.</li> </ul>	Bendahara: 1 orang
TEKNIS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Membersihkan panel</li> <li>Memperbaiki jaringan yang rusak</li> <li>Memeriksa kondisi alat (<i>solar charge &amp; inverter</i>) dan <i>grounding</i></li> <li>Memeriksa operasional sistem (baterai dan output)</li> <li>Mencatat data pemakaian listrik</li> </ul>	Operator: 1 orang, minimal SMK Teknik  Cadangan petugas lapangan: 1 orang ( <i>optional</i> )

Jumlah Kebutuhan SDM = antara 3-5 orang

*Sumber: berbagai sumber*

<sup>9)</sup> Berdasarkan pengalaman, besaran iuran mau tidak mau menyesuaikan dengan kemampuan warga, walaupun secara perhitungan angka yang disepakati tidak dapat mencukupi biaya O&M dan biaya penggantian baterai 5 tahun ke depan. Perlu adanya subsidi dari Pemerintah atau opsi sumber dana lainnya, misalnya dengan pemanfaatan dana desa.



*Gambar 15 Contoh Struktur Organisasi Lembaga Pengelola PLTS*  
Sumber: EBTKE

### 3.4.2. Faktor Sosial dan Budaya Masyarakat



**Tujuan** pengkajian kondisi sosial dan budaya masyarakat adalah untuk mengetahui sejauh mana kesiapan dan keberterimaan masyarakat terhadap PLTS (atau pembangkit EBT lainnya), sehingga dapat dilakukan persiapan atau antisipasi untuk mendukung kelancaran pembangunan PLTS. Cakupan pengkajiannya meliputi kebiasaan adat setempat (terutama terkait pemenuhan kebutuhan dasar/pokok masyarakat), hubungan sosial dan budaya (termasuk pihak/tokoh masyarakat yang didengar dan metode pengambilan keputusan), serta pertimbangan aspek kesetaraan gender. Informasi yang diperoleh dari survei ini akan menjadi dasar perencanaan kegiatan sosialisasi pembangunan PLTS kepada masyarakat.

Mengapa Kesetaraan Gender perlu dipertimbangkan dalam survei kelayakan PLTS?

Istilah gender perlu dipahami sebagai peran dan tanggung jawab perempuan dan laki-laki yang terbentuk secara sosial dalam jangka waktu yang cukup lama. Selain **kondisi yang ada saat ini, pertimbangan gender juga terkait dengan harapan masyarakat akan peran dan tanggung jawab perempuan dan laki-laki di kemudian hari, serta bagaimana peran tersebut dapat didukung**, dalam hal ini, melalui penyediaan listrik yang berkelanjutan.

Dengan demikian, ketersediaan akses energi diharapkan dapat meringankan beban kerja domestik atau dapat mempermudah akses kegiatan ekonomi, baik bagi penduduk perempuan maupun laki-laki.

Misalnya, akses energi kepada perempuan dan kelompok rentan (misalnya anak-anak) dapat memfasilitasi kebutuhan penting sehari-hari, seperti kegiatan mengambil air di sumber air yang terletak jauh dari permukiman. Beban kerja ini dapat diminimalisir dengan penyediaan pompa air tenaga listrik di lingkungan permukiman, yang energinya bersumber dari PLTS terpusat (atau jenis EBT lainnya).

Lebih jauh, ketersediaan energi dapat membuka peluang kerja, dan peluang pengembangan ekonomi produktif yang dapat dimotori tidak hanya oleh penduduk laki-laki, tetapi juga penduduk perempuan. Contohnya peluang usaha diversifikasi hasil pertanian, dalam bentuk pengolahan makanan. Di bidang pelayanan masyarakat, ketersediaan energi listrik dapat membantu proses pelayanan kesehatan Ibu dan Anak (seperti penyimpanan obat-obatan dan imunisasi, pengoperasian *incubator*), ataupun pelayanan Pendidikan (seperti penyediaan layanan internet dan kebutuhan laboratorium di sekolah-sekolah).



Contoh kasus ketersediaan sumber energi listrik yang bias gender: Penyediaan listrik di Pulau Nain, Sulawesi Utara.

Pada tahun 2004 – 2005, sebuah LSM lokal melakukan survei terkait kehidupan sosial masyarakat dan fasilitas-fasilitas yang tersedia di desa tersebut, termasuk ketersediaan listrik. Survei ini memberikan pembelajaran berharga mengenai pentingnya libatkan seluruh masyarakat, baik laki-laki maupun perempuan, dalam proses pembangunan. Terkait penyediaan listrik, tim survei melihat bahwa penyediaan listrik di desa tersebut **dimulai pada jam 6 sore, dan selesai pada jam 12 malam (6 jam)**. Listrik tersebut dialokasikan terbatas pada penggunaan TV dan penerangan rumah.

Survei Kerangka Pemberdayaan Perempuan (KPP) yang dilaksanakan pada tahun 2004 tersebut menemukan potensi ekonomi produktif yang dapat dikelola oleh perempuan-perempuan di Desa Nain, namun sayangnya tidak terfasilitasi oleh akses listrik di luar 6 jam waktu penyediaan tersebut. Potensi tersebut terutama pada kegiatan diversifikasi usaha rumput laut menjadi asinan, manisan, dan sirup; dimana pada praktiknya membutuhkan alat masak elektronik untuk peningkatan kinerja, serta kulkas untuk penyimpanan. Selain itu, kegiatan sosial ibu-ibu (kegiatan gereja, masjid, atau perkumpulan masyarakat lainnya) yang biasanya diadakan pada sore hari juga tidak didukung oleh akses listrik. Terbatasnya penerangan di luar rumah pada malam hari juga membatasi keterlibatan warga perempuan untuk berkontribusi dalam kegiatan warga. Lebih jauh, kurangnya penerangan di luar rumah menjadi peluang terjadinya kekerasan seksual kepada warga perempuan.

Untuk menghindari terjadinya hal serupa, survei yang dilakukan sebelum penyediaan listrik di suatu desa perlu melibatkan masukan dari penduduk/masyarakat perempuan. Berdasarkan Panduan Studi Kelayakan PLTMH, tahun 2009, telah dirangkum lima komponen kunci dalam kegiatan analisis gender, yaitu:

1. Tersedianya data terpisah berdasarkan jenis kelamin
2. Analisis Pembagian Tugas berdasarkan gender di lingkungan rumah tangga, masyarakat, dan tempat kerja
3. Analisis Akses dan Kontrol terhadap aset dan sumber daya, yang mengkaji “siapa mempunyai apa”
4. Analisis kebutuhan Strategik dan Praktis berdasarkan gender (identifikasi kebutuhan listrik berdasarkan gender)

5. Analisis Konteks Sosial setempat (misalnya sistem tatanan masyarakat yang dipakai, dsb)

### 3.4.3. Kebutuhan Data dalam Survei

Cakupan data dan informasi yang dibutuhkan berdasarkan tujuan analisis detail adalah sebagai berikut:



Tabel 15 Check List Kebutuhan data Survei Kelembagaan dan Sosbud

	Tujuan	Data dan informasi yang dibutuhkan
1	Mengidentifikasi potensi lembaga daerah yang telah ada untuk menjadi pengelola PLTS	<input type="checkbox"/> jenis lembaga daerah (berbadan hukum/belum) yang telah ada <input type="checkbox"/> ketersediaan SDM dalam lembaga tersebut untuk operasional PLTS off-grid <input type="checkbox"/> kemampuan manajemen dan finansial lembaga <input type="checkbox"/> kebutuhan peningkatan kapasitas & kesiapan lembaga untuk menjadi pengelola PLTS off-grid
2	Mengidentifikasi potensi pembentukan lembaga baru <sup>10</sup> sebagai pengelola PLTS	<input type="checkbox"/> Komitmen pemerintah/masyarakat untuk pembentukan lembaga baru <input type="checkbox"/> ketersediaan SDM untuk lembaga baru <input type="checkbox"/> ketersediaan/potensi sumber dana <input type="checkbox"/> kebutuhan peningkatan kapasitas & kesiapan lembaga untuk menjadi pengelola PLTS off-grid
3	Mengidentifikasi risiko pengelolaan PLTS (terkait dengan kelembagaan pengelola-jika ada), untuk kemudian meminimalkan dampak risikonya	<input type="checkbox"/> pengurus <input type="checkbox"/> komitmen Pemerintah Daerah dalam melakukan pembinaan keberadaan hub regional sebagai pengawas/konsultan, baik terkait manajemen maupun hal teknis
4	Mengidentifikasi kemampuan membayar dan kemauan membayar listrik oleh masyarakat	<input type="checkbox"/> sumber energi listrik saat ini (jenis, besar daya, biaya) <input type="checkbox"/> pendapatan masyarakat <input type="checkbox"/> pemahaman masyarakat tentang kebutuhan listrik (laki-laki & perempuan) <input type="checkbox"/> pemahaman masyarakat untuk membayar, dan kemampuan membayar listrik (laki-laki & perempuan)
5	Mengidentifikasi potensi risiko sosial (jika ada), untuk kemudian meminimalkan dampak risikonya terhadap masyarakat	<input type="checkbox"/> potensi risiko pembangunan PLTS selama masa konstruksi (terhadap laki-laki, perempuan, anak-anak). Misalnya pembangunan pembangkit berpotensi menutup akses air bersih, akses jalan; adanya pekerja dari luar desa yang akan membawa kebiasaan yang berbeda dengan masyarakat setempat, dll) <input type="checkbox"/> pemberdayaan masyarakat dalam proses pembangunan <input type="checkbox"/> kesenjangan pemanfaatan listrik bagi warga <input type="checkbox"/> Potensi konflik penggunaan lahan

<sup>10</sup> Disarankan untuk lebih memberdayakan lembaga masyarakat yang telah ada, dan menambahkan tugas baru sebagai lembaga pengelola, dibandingkan dengan membentuk lembaga baru khusus untuk mengelola PLTS off-grid. Proses penyiaian kelembagaan dapat lebih terfokus pada peningkatan kapasitas SDM terkait pengelolaan, dan/atau menambahkan minimal satu tenaga kerja teknis Pendidikan minimal SMK Teknik.

**Tabel 15 Check List Kebutuhan data Survei Kelembagaan dan Sosbud**

Tujuan	Data dan informasi yang dibutuhkan
6 Memahami perspektif gender dalam masyarakat di desa sasaran	<input type="checkbox"/> Sejarah dan gambaran profil desa <input type="checkbox"/> Kecenderungan pembagian tugas antara laki-laki dan perempuan <input type="checkbox"/> Perspektif kepemilikan dan kepemimpinan dalam masyarakat

Data dan informasi dalam studi aspek kelayakan kelembagaan, sosial dan budaya dapat dikumpulkan melalui pengamatan lapangan (dalam kegiatan-kegiatan masyarakat), kuesioner, wawancara, maupun diskusi kelompok. Seperti halnya pengumpulan data untuk verifikasi kebutuhan listrik, kegiatan survei ini perlu melibatkan beberapa rumah tangga sebagai sampel, kepala desa dan tokoh-tokoh masyarakat yang sangat berpengaruh di desa tersebut.

Untuk aspek kelembagaan pengelola PLTS, penjabaran hasil survei kelayakan kelembagaan dalam proposal dapat disampaikan dalam bentuk tabel perbandingan lembaga-lembaga yang dapat menjadi pengelola, beserta analisis kelebihan dan kekurangan untuk setiap opsinya (Analisis SWOT). Jika ada, penggambaran hubungan antar lembaga dan struktur pengurus desa dapat memperkaya analisis ini. Analisis ini kemudian ditutup dengan rekomendasi lembaga pengelola yang dipilih untuk menjadi pengelola PLTS, disertai dengan rencana penyiapan kapasitas/kemampuan SDM lembaga untuk mengelola PLTS.

Sedangkan untuk penjabaran analisis sosial dan budaya masyarakat, dapat ditampilkan dalam bentuk deskripsi profil sosial dan budaya masyarakat secara umum, kemudian dirinci terkait dampak sosial dan budaya yang perlu diperhatikan dalam rencana pembangunan PLTS, termasuk menyertakan rencana mitigasi dampaknya (dalam bentuk tabel). Terkait dengan aspek gender, Analisis yang perlu ditampilkan adalah:

1. Peran, kewajiban, dan hak yang berbeda bagi laki-laki dan perempuan
2. Kebutuhan, prioritas, peluang, dan hambatan yang dihadapi berbeda bagi laki-laki dan perempuan
3. Alasan mengapa perbedaan itu terjadi
4. Strategi dan peluang apa yang dapat meningkatkan kesetaraan gender

### 3.5.

#### Panduan Survei Aspek Kelayakan Lingkungan

**Tujuan** survei aspek kelayakan lingkungan adalah untuk mengidentifikasi aspek lingkungan yang akan berpengaruh atau dipengaruhi (terdampak) oleh adanya pembangunan PLTS. Identifikasi tersebut digunakan sebagai dasar menyusun rencana atau strategi mitigasi untuk meminimasi dampak lingkungan.

Dokumen lingkungan (hasil survei dan analisis lingkungan yang dituangkan dalam bentuk laporan/dokumen) menjadi salah satu syarat penting pengajuan proposal PLTS off-grid

karena tanpa dokumen lingkungan, maka izin pembangunan PLTS (atau pembangkit EBT lainnya) dari Pemerintah setempat tidak dapat diperoleh. Dua aspek penting yang perlu tercakup dalam dokumen lingkungan hidup untuk pembangunan PLTS adalah penurunan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dan pengelolaan limbah B3.



**Gambar 16 Tahapan Survei Aspek Lingkungan Hidup**

#### 3.5.1. Cakupan dan Penyusunan Dokumen Lingkungan Hidup

Untuk pembangunan PLTS terpusat dengan kapasitas antara + 1-100 kWp, pada prinsipnya hanya memerlukan dokumen UKL/UPL atau bahkan cukup dengan SPPL. Namun, jika lokasi site PLTS dekat atau berbatasan dengan kawasan konservasi, maka dokumen lingkungan yang harus dipersiapkan adalah AMDAL. Proses penapisan penentuan wajib AMDAL atau UKL-UPL dilakukan berdasarkan ketentuan Pasal 2 dan Lampiran II Peraturan MENLH No. 05/2012. Berikut adalah persamaan dan perbedaan prinsip penyusunan dokumen AMDAL, UKL/UPL, dan SPPL.

**Tabel 16 Dokumen Lingkungan Hidup**

	AMDAL	UKL-UPL	SPPL
Waktu Penyusunan	Sebelum pelaksanaan kegiatan		
Tujuan	Mencegah atau meminimasi dampak pencemaran, perusakan, gangguan terhadap lingkungan atau dampak sosial lainnya atas pelaksanaan suatu kegiatan/pembangunan		
Skala Usaha/Kegiatan (PLTS)	> 10 MW dalam satu lokasi, atau Kegiatan dengan potensi dampak alih fungsi guna lahan dan dampak lingkungan lainnya sangat besar	< 10 MW dalam satu lokasi, atau Kegiatan dengan potensi dampak alih fungsi guna lahan dan dampak lingkungan lainnya tidak ada atau kecil	Kegiatan dengan potensi dampak alih fungsi guna lahan dan dampak lingkungan lainnya tidak ada atau kecil
Penyusun	Konsultan tersertifikasi (kompetensi penyusunan AMDAL)	Konsultan/ pemrakarsa kegiatan	Pemrakarsa kegiatan
Mekanisme penyusunan	Melalui tahap penilaian oleh Komisi Penilai AMDAL sebelum mendapatkan Surat Keputusan Kelayakan/ Izin Lingkungan	Melalui tahap pemeriksaan dokumen UKL/UPL sebelum mendapatkan Rekomendasi Persetujuan atau Penolakan UKL/UPL	Mengisi formulir SPPL dan melakukan pendaftaran langsung ke instansi/lembaga lingkungan hidup daerah setempat

Tabel 16 Dokumen Lingkungan Hidup

	AMDAL	UKL-UPL	SPPL
Acuan format dokumen	Lampiran I, II, dan III Permen LH No. 16 tahun 2012	Lampiran IV Permen LH No. 16 tahun 2012	Lampiran V Permen LH No. 16 tahun 2012 (contoh formulir terlampir)

Sumber: Peraturan MENLH No. 05/2012

Lingkup informasi yang perlu dicakup dalam formulir UKL-UPL adalah sebagai berikut:

1. Identitas Pemrakarsa
2. Rencana Usaha dan/atau Kegiatan (meliputi nama kegiatan, lokasi, skala/besaran)
3. Kesesuaian kegiatan dengan rencana tata ruang
4. Dokumen perizinan untuk melaksanakan kegiatan
5. Uraian mengenai komponen rencana kegiatan, mulai dari tahap pra-konstruksi, tahap konstruksi, tahap operasi; yang memiliki potensi dampak terhadap lingkungan
6. Bentuk upaya pengelolaan lingkungan hidup (bentuk, lokasi, periode)
7. Bentuk upaya pemantauan lingkungan hidup (bentuk, lokasi, periode)
8. Institusi pengelola/penanggung jawab pelaksanaan pengelolaan dan pemantauan

Lingkup informasi yang perlu dicakup dalam formulir SPPL (Surat Pernyataan Kesanggupan Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan Hidup), adalah sebagai berikut:

1. Identitas pemrakarsa/penanggung jawab
2. Rencana Usaha dan/atau Kegiatan
3. Daftar potensi dampak lingkungan
4. Rencana pengelolaan dan pemantauan lingkungan

### 3.5.2. Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca

Penghitungan potensi pengurangan emisi GRK akan menjadi nilai tambah dari dokumen lingkungan yang disusun. Hal ini juga akan memberikan informasi yang bermanfaat bagi Pemerintah Pusat dalam memantau upaya penurunan emisi GRK secara nasional. Untuk menghitung pengurangan efek Gas Rumah Kaca (emisi GRK – dalam ton CO<sub>2</sub>) melalui pembangunan PLTS, dapat dilakukan melalui prinsip-prinsip sebagai berikut:

- I. PLTS dapat menurunkan emisi GRK yang sebelumnya ditimbulkan oleh penggunaan diesel sebagai bahan bakar, jika PLTS yang dibangun menggantikan penggunaan pembangkit listrik konvensional (bahan bakar fosil) yang telah ada. **Pengurangan emisi GRK dihitung dengan membandingkan emisi yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar fosil sebelumnya, dengan emisi yang dihasilkan oleh PLTS.**

2. PLTS dapat menurunkan emisi GRK **yang berpotensi** dapat ditimbulkan jika penyediaan energi di daerah tersebut dilakukan melalui pembangkit listrik konvensional (bahan bakar fosil) – disebut juga *avoided emission*. Walaupun pembangkit listrik konvensional belum pernah dibangun di daerah tersebut, pengurangan emisi GRK tetap dapat dihitung dengan asumsi bahwa tanpa pembangunan PLTS (atau EBT lainnya), maka daerah tersebut nantinya akan mendapatkan akses energi yang bersumber bahan bakar fosil, seperti *baseline* penggunaan energi saat ini. **Pengurangan emisi GRK dihitung dengan membandingkan jumlah emisi yang mungkin dihasilkan oleh bahan bakar fosil, dengan emisi yang dihasilkan oleh PLTS, untuk memenuhi kebutuhan listrik di daerah tersebut.**

### 3.5.3. Kebutuhan Data dalam Survei

Dalam survei aspek kelayakan lingkungan, pengamatan dilakukan terhadap lingkungan sekitar lokasi PLTS, lingkungan perumahan, serta jalur rute pengangkutan material yang mungkin terdampak oleh kegiatan pembangunan PLTS, dengan data dan informasi sebagai berikut:

Tabel 17 Check List Kebutuhan Data Survei Aspek Lingkungan

	Tujuan	Data dan informasi yang dibutuhkan
1	Mengidentifikasi potensi dampak lingkungan dalam proses konstruksi	<input type="checkbox"/> Posisi/koordinat lokasi site PLTS, apakah dekat dengan kawasan konservasi? <input type="checkbox"/> Akses menuju lokasi, dari pusat kota atau <i>hub</i> transportasi, apakah sudah mendukung atau perlu pelebaran? <input type="checkbox"/> Alokasi guna lahan dalam rencana tata ruang <input type="checkbox"/> Perlu/tidak mengubah struktur lahan (pengurukan, penutupan rawa, dsb)
2	Mengidentifikasi potensi dampak lingkungan dalam proses pengoperasian dan pemeliharaan (O&M)	<input type="checkbox"/> Daftar peralatan yang berpotensi menjadi limbah B3 <input type="checkbox"/> Rencana pengelolaan dan pembuangan limbah B3

Rencana manajemen pembuangan limbah B3 merupakan salah satu hal penting dalam pengelolaan PLTS, mengingat beberapa komponen utama PLTS masuk dalam kategori limbah B3, antara lain berupa baterai dan inverter yang sudah rusak atau habis masa pakainya. Terkait hal ini, penyusunan dokumen lingkungan perlu mengacu pada *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.101 tahun 2014*, dan informasi terbaru pada laman website Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (<http://b3.menlh.go.id/>).

### 3.6.

## Dokumentasi Survei yang dibutuhkan

Hasil survei kelayakan, sebagaimana dijabarkan pada sub-bab sebelumnya, perlu didukung oleh adanya dokumentasi yang dapat menggambarkan faktor-faktor kunci/penentu dalam proses perancangan sistem PLTS. Terdapat dua jenis dokumentasi survei, yang keduanya dapat memberikan gambaran visual untuk membantu perancangan lebih baik: 1) Dokumentasi foto dan 2) Peta desa beserta atributnya.

### 3.6.1. Dokumentasi Foto

Berikut panduan pengambilan gambar untuk keperluan penyusunan proposal pembangunan PLTS *off-grid*, sesuai dengan kebutuhan aplikasi Sinergi Desa<sup>11</sup>:

Tabel 18 Daftar Foto Dokumentasi Survei

1	Lokasi site PLTS yang direncanakan dengan berbagai sudut pengambilan gambar: a. Lahan, dari penjuru arah mata angin (ke utara, timur, selatan, dan barat) b. Vegetasi sekitar	<ul style="list-style-type: none"><li>mengetahui pola/kontur tanah</li><li>menggambarkan area bayangan/<i>shading</i></li><li>menentukan lahan area efektif untuk panel surya dan lokasi rumah daya</li><li>memahami kondisi lingkungan sekitar untuk pembangunan (misalnya risiko bahaya untuk kabel distribusi melewati saluran udara)</li><li>survei yang dilakukan saat musim hujan akan membantu mengetahui ada/tidaknya risiko banjir/longsor disekitar site – atau melalui wawancara</li></ul>
2	Lokasi beban/konsumen (sampel rumah warga, jarak antar rumah, fasum&fasos, kegiatan ekonomi) a. Bentuk bangunan b. Bentuk atap c. Bentuk dinding d. Posisi rumah/fasilitas dari jalan	<ul style="list-style-type: none"><li>Memberikan gambaran mengenai kecenderungan tingkat penggunaan listrik berdasarkan kondisi rumah, dan fasum/fasos</li><li>Memberikan gambaran kebutuhan kabel untuk saluran distribusi</li><li>Memberikan gambaran potensi aplikasi PLTS <i>rooftop</i></li></ul>
3	Sarana prasarana jalan (transportasi) dari dan menuju ke lokasi: a. Dari akses jalan, atau b. Dari akses sungai	<ul style="list-style-type: none"><li>Memberikan gambaran tingkat kesulitan akses menuju ke lokasi</li><li>Survei yang dilakukan saat musim hujan akan membantu mengetahui ada/tidaknya risiko banjir/longsor dalam rute akses – atau melalui wawancara</li></ul>

### 3.6.2. Peta Desa beserta atributnya

Pembuatan peta desa bertujuan untuk mengetahui gambaran umum profil wilayah dan tata letak atribut desa sasaran dengan lebih baik. Peta desa sebaiknya digambarkan lengkap dengan informasi **atribut wilayah desa**:

#### a. Lokasi pemasangan pembangkit listrik

#### b. Akses jalan

#### c. Bentuk geografi (sungai, bukit, hutan)

#### d. Lokasi rumah, posisi fasilitas umum, pola penyebaran dan jarak antar rumah dan fasilitas umum

#### e. Orientasi arah mata angin

Peta desa ini akan digunakan untuk perencanaan jaringan listrik dan sambungan ke rumah-rumah atau fasilitas-fasilitas lainnya. Peta desa dapat dilengkapi juga dengan foto-foto dokumentasi seperti dijabarkan sebelumnya, untuk lebih menggambarkan secara visual persebaran rumah penduduk, serta lokasi dimana PLTS akan dibangun.

Lebih detail, pemanfaatan peta desa dan atributnya dalam pengembangan PLTS adalah sebagai berikut:

#### 1. Penggambaran bahwa lokasi pembangunan PLTS Terpusat yang ditentukan merupakan lokasi yang paling strategis dan efisien di lahan yang tersedia.

Berbagai aspek yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan lokasi PLTS Terpusat adalah ketersediaan lahan, morfologi lahan yang harus terbuka dan tidak ada halangan sinar matahari, faktor keamanan dari aspek faktor alam dan aspek sosial, efisiensi panjang jaringan listrik ke rumah-rumah warga konsumen.

#### 2. Untuk memperkirakan panjang jaringan listrik dan sambungan listrik ke setiap rumah warga dan fasilitas lainnya.

Jaringan listrik biasanya akan dibangun di sepanjang jalan utama di desa dan kemudian dihubungkan ke rumah-rumah warga atau fasilitas lainnya. Dalam mendesain panjang jaringan dan tata letak tiang jaringan maka informasi detail peta desa yang lengkap disertai dengan jarak dan lokasi rumah dan fasilitas lainnya menjadi hal yang sangat penting dan mutlak diperlukan dalam perencanaan sistem PLTS Terpusat dan sistem jaringan listrik.

#### 3. Informasi dalam hal aksesibilitas terutama pada saat proses pembangunan fasilitas PLTS Terpusat dan Sistem Jaringan Listrik.

Informasi aksesibilitas detail menuju desa dan lokasi PLTS terpusat sangat diperlukan bagi pihak Kontraktor Pelaksana yang akan membangun fasilitas PLTS Terpusat. Dalam proses pembangunan PLTS Terpusat dan sistem jaringan listrik, berbagai macam bahan dan metarial sipil, elektrikal dan mekanikal akan dimobilisasi ke lokasi tersebut.

Informasi aksesibilitas suatu desa yang terletak di wilayah yang terisolasi biasanya menjadi tantangan tersendiri bagi Kontraktor Pelaksana. Akses menuju lokasi bisa jadi harus menggunakan alat transportasi khusus seperti kebutuhan kapal jika terletak di suatu pulau, atau bahkan diangkut dengan hewan angkut atau tenaga manusia jika tidak tersedia fasilitas transportasi kendaraan atau jalan yang memadai.

11) Format penyusunan foto dimuat pada lampiran Buku Panduan ini.

Peta desa dapat dibuat dengan dua cara, yaitu dengan bantuan gambar desa melalui citra satelit, atau dengan pembuatan peta desa secara manual atau konvensional melalui observasi dan pengukuran langsung.

- I. Pemetaan dengan Citra Satelit.** Keunggulan dari pemetaan dengan menggunakan fasilitas Citra Satelit (misalnya dengan memakai aplikasi Citra Satelit yang tersedia daring) adalah memerlukan waktu pembuatan yang lebih cepat dalam memperkirakan luasan, tata letak sebaran bangunan, profil jalan, dan tata guna lahan. Presisi jarak dan perbedaan tata guna lahan dapat diandalkan. Kelemahan dari citra satelit adalah terkadang peta yang tersedia tidak *update* dengan situasi terkini, dan masih memerlukan verifikasi di lapangan untuk penentuan jenis dan kepemilikan rumah serta bangunan lainnya.

Tabel 19 Contoh Peta Desa yang Dibuat dengan Citra Satelit

UKL-UPL	
Tahap 1: Menetukan lokasi wilayah yang akan dipetakan. Misalnya wilayah suatu pulau terpencil.	
Tahap 2: Menentukan sebaran desa atau dusun, lokasi jalan, dan tata guna lahan.	

Tabel 19 Contoh Peta Desa yang Dibuat dengan Citra Satelit

UKL-UPL	Lokasi Desa/Dusun 1	Lokasi Desa/Dusun 2	Lokasi Desa/Dusun 3
Tahap 3: Penentuan gambar detail terhadap lokasi yang terpilih.			
Tahap 4: Pembuatan peta desa dan atributnya yang terdapat di lokasi terpilih.			

2. **Pemetaan Manual.** Keunggulan dari pemetaan manual adalah terverifikasinya informasi dan data kepemilikan rumah, bangunan dan lahan selama survei di lapangan. Sedangkan kelemahan pembuatan peta manual adalah akan memerlukan waktu pembuatan yang lama. Perkiraan luasan, tata letak sebaran bangunan, profil jalan, dan tata guna lahan kemungkinan tidak akan dihasilkan secara presisi. Berikut contoh peta desa yang dibuat dengan pemetaan manual.

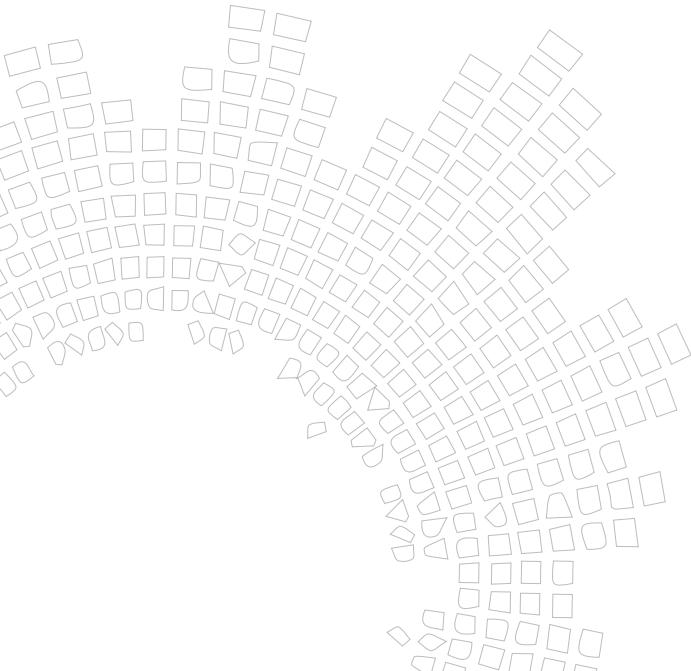


Gambar 17 Contoh Peta Desa yang Dibuat Secara Manual

Oleh karena itu dianjurkan dalam pembuatan peta desa dan atributnya menggunakan perpaduan dua metode tersebut, untuk saling melengkapi terhadap kualitas gambar dan verifikasi informasi dan data yang dihasilkan.

Setelah melalui langkah-langkah dalam Bab ini, informasi utama yang telah diperoleh untuk melakukan studi kelayakan proyek PLTS terpusat *off-grid* adalah:

- ✓ Potensi Sumber Daya Fotovoltaik
- ✓ Total kebutuhan listrik harian dan Profil beban listrik (rumah tangga, fasum/fasos, ekonomi produktif)
- ✓ Lokasi *site* dengan status yang jelas Karakteristik lahan yang unik untuk diantisipasi
- ✓ Bentuk dukungan/hambatan sosial dan kelembagaan lokal yang ada dan/ atau perlu ditingkatkan/dimitigasi untuk pembangunan PLTS
- ✓ Izin lingkungan telah diproses/ diperoleh
- ✓ Peta desa dan foto telah terdokumentasikan



# BAB 4

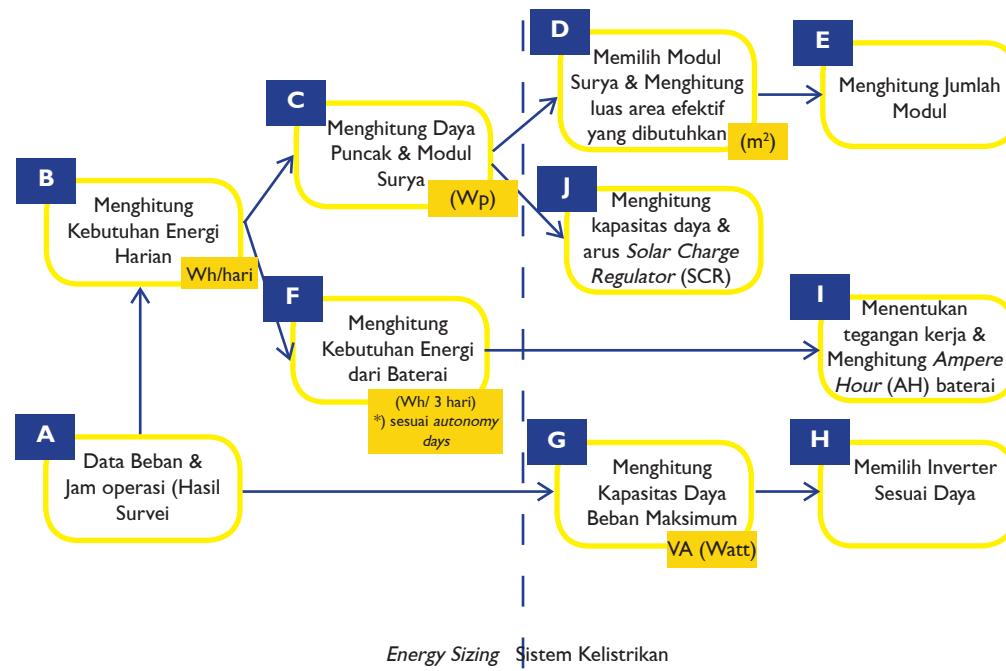
## Rancangan Teknis Sistem PLTS

Bab ini memberikan panduan pendekatan dan metode dalam melakukan perancangan sistem PLTS off-grid yang layak untuk suatu kebutuhan listrik tertentu. Berdasarkan pengalaman dari pembangunan PLTS off-grid yang telah dilakukan oleh berbagai pihak, bagian ini juga menampilkan aspek-aspek penting sebagai pertimbangan utama dalam melakukan perancangan sistem PLTS. Khusus untuk pengusulan pembangunan PLTS terpusat off-grid melalui pembiayaan Pemerintah (misalnya APBN), telah terdapat panduan mengenai spesifikasi umum, spesifikasi teknis, dan/atau mekanikal elektrikal dalam Petunjuk Teknis/Operasional yang dikeluarkan oleh Pemerintah setiap tahunnya. Penting untuk memastikan bahwa spesifikasi teknis perancangan sistem PLTS off-grid yang disusun selalu mengacu kepada peraturan tersebut.

#### 4.1.

#### Merancang Sistem PLTS Terpusat

Skema di bawah ini menunjukkan proses perancangan Sistem PLTS yang akan dibangun/diusulkan. Secara umum, terdapat 2 tahapan dalam perancangan sistem PLTS, yaitu 1) perancangan ukuran Energi yang dibutuhkan, dan 2) perancangan sistem kelistrikan PLTS itu sendiri.



Gambar 18 Sistem Sizing PLTS Terpusat

Berikut ini adalah penjelasan dan contoh teknis perhitungan sesuai dengan skema di atas (untuk penyederhanaan, perhitungan ini dilakukan untuk PLTS terpusat dengan sistem off-grid DC bus):

#### A. Data Beban dan Jam Operasi Beban

Misalnya, berdasarkan survei lapangan yang telah dilakukan (sesuai dengan contoh pada Bab 3.2), diperoleh data beban seperti dalam tabel di bawah ini<sup>12</sup>. Untuk keperluan perhitungan selanjutnya, penting untuk memastikan bahwa dalam survei dibedakan antara beban di siang hari dan beban di malam hari.

Tabel 20 Perhitungan Kebutuhan Listrik Berdasarkan Hasil Survei

No	Jenis Peralatan/ Beban	Jumlah	Daya		Operasi per Hari		Kebutuhan Energi Harian per Beban	Kebutuhan Energi Harian Total (Wh)		
			(Watt)		(jam)					
			Siang	Malam	Siang	Malam				
			(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)=(2)*(4)		
	RUMAH (rata-rata)	100	30	60	6	5	180	300		
	FASUM - FASOS									
1	Sekolah	2	50	100	4	10	200	1000		
2	Puskesmas	1	200	250	3	10	600	2500		
3	Kantor Desa	1	200	60	6	5	1200	300		
4	Pompa air	1	800	800	1	0.5	800	400		
5	PJU (Penerangan Jalan Umum)	50	0	20	0	10	0	200		
	FASILITAS EKONOMI									
1	Cold Storage/ Mesin Pendingin	2	300	300	4	2	1200	600		
2	Mesin giling	2	500	500	2	0	1000	0		
3	Dst.									
	TOTAL		2080	2090			5180	5300		
								71800		

Catatan untuk penyediaan PJU: Disarankan untuk membuat perhitungan alternatif (keekonomian dan kelistrikan) jika menggunakan PJU surya individual, tidak bersatu dalam PLTS terpusat. Hal ini untuk menghindari beban tambahan pada inverter dan mengurangi rugi-rugi daya di jaringan distribusi.

<sup>12</sup>) Jenis peralatan/beban hanya sebagai contoh. Silakan disesuaikan dengan kondisi sosial ekonomi masyarakat setempat. .

## B. Menghitung Kebutuhan Energi Harian

Tahap ini mengolah data dari poin A. Untuk contoh perhitungan di atas, total kebutuhan energi harian = **71.800 Wh = 71,8 kWh**

## C. Menghitung Daya Puncak dan Modul Surya

Data yang dibutuhkan adalah **iradiasi rata-rata harian setempat**. Data ini dapat diambil dari sumber-sumber daring seperti yang sudah disebutkan pada sub bab Penilaian Sumber Daya PV (Sub bab 3.2.1).

Misalnya, dalam contoh perhitungan ini, iradiasi rata-rata harian setempat adalah sebesar 4,5 kWh/m<sup>2</sup>.

Dari total kebutuhan energi harian (kWh) dalam poin B, maka bisa dihitung **daya puncak PLTS** sbb:

$$\begin{aligned} \text{kW}_{\text{peak}} (\text{PLTS}) &= \text{kWh} / 4,5 \\ &= 71,8 / 4,5 \\ &= \mathbf{16 \text{ kWp}} \end{aligned}$$

Nilai tersebut perlu ditambahkan dengan 15% s.d. 25% sebagai rugi-rugi sistem. Sehingga, nilai daya puncak setelah penambahan rugi-rugi sistem adalah 18 – 20 kWp.

## D. Memilih Modul Surya dan Menghitung Luas Area Efektif yang Dibutuhkan

Yang dimaksud dengan luas area efektif disini adalah area khusus untuk penempatan modul surya, belum termasuk area untuk memudahkan instalasi dan perawatan, serta belum juga termasuk lahan untuk rumah daya, jarak dengan pagar, dan lain-lain.

Data yang diperlukan adalah nilai efisiensi Modul Surya, yang ditentukan berdasarkan spesifikasi Modul Surya yang diinginkan.

Perhitungan luas area efektif menggunakan rumus:

$$\text{Area (m}^2\text{)} = \frac{\text{kWp}}{\text{Efisiensi Modul Surya}}$$

Misalnya, dipilih Modul Surya dengan efisiensi 14%, maka area yang dibutuhkan adalah seluas  $\frac{20}{0,14} = 143 \text{ m}^2$ .

Jika lokasi yang direncanakan untuk pembangunan PLTS terpusat tidak memenuhi luasan yang dibutuhkan, perlu dipilih Modul Surya dengan efisiensi yang lebih tinggi (yang telah ada di pasaran saat ini adalah Modul Surya dengan efisiensi 14-18%). Lakukan terus langkah ini (iterasi) sampai diperoleh kesesuaian antara efisiensi Modul Surya yang ada dengan luasan lahan PLTS.

Perlu dicatat bahwa area ini merupakan luas area modul surya (=area efektif), tanpa memperhitungkan jarak antar rangkaian modul surya untuk instalasi dan perawatan,

jarak antar pagar, dan lain-lain. Untuk mengakomodasi semua komponen tersebut, maka hasil perhitungan di atas perlu dikalikan dua (2). **Sehingga total luas area yang dibutuhkan adalah  $143 \text{ m}^2 \times 2 = 286 \text{ m}^2$ .**

## E. Menghitung Jumlah Modul

Jumlah Modul dihitung dengan rumus:

$$\text{Jumlah Modul} = \frac{\text{Daya Puncak Modul Surya (total Wp)}}{\text{Wp/Modul}}$$

Dalam contoh perhitungan di atas, misalnya Modul Surya yang terpilih pada langkah D, memiliki daya output 250 Wp. Maka, jumlah modul yang diperlukan adalah  $\frac{20.000}{250} = 80$  unit.

Catatan: terkait dengan cuaca yang tidak dapat diprediksi, perhitungan jumlah modul dapat mangakomodasi cadangan energi, yang dimaksudkan untuk menambahkan keandalan PLTS. Cadangan energi bisa dilakukan melalui: 1) memperbesar kapasitas daya PV (menambah 20% - 30% dari jumlah Modul Surya hasil perhitungan), 2) menyediakan pembangkit cadangan, seperti mesin Genset.

## F. Menghitung Kebutuhan Energi dari Baterai

Keluaran dari perhitungan ini adalah besaran energi yang akan diambil dari baterai.

Data yang diperlukan adalah jumlah hari otonomi, yang ditentukan berdasarkan kondisi awan di daerah setempat. Jika daerah tersebut sering tertutup awan (biasanya di daerah pegunungan), maka disarankan untuk menggunakan **3 hari otonomi** dalam perhitungan. Jika daerah tersebut relatif cerah sepanjang tahun, maka jumlah hari otonomi cukup **2 hari**.

$$\text{Kebutuhan Energi dari Baterai} = \text{Kebutuhan Energi Harian Total (Wh)} \times (\text{Hari Otonomi})$$

Dalam contoh perhitungan di atas, misalnya jumlah hari otonomi ditentukan sebanyak 2 hari, maka kebutuhan energi dari baterai adalah  $= 71.800 \times 2 = \mathbf{143.600 \text{ Wh}}$ .

## G. Menghitung Kapasitas Daya Beban maksimum (Wmaks)

Dari tabel kebutuhan energi di atas, hitung kapasitas daya beban total maksimum, apakah di siang hari atau malam hari, dan berapa jumlah bebannya (Watt).

Dalam contoh perhitungan di atas, beban total maksimum adalah di malam hari, sebesar **2.120 Watt**.

## H. Memilih Inverter Sesuai Daya

Pertimbangan memilih inverter supaya sesuai dengan daya yang dibutuhkan dilakukan menggunakan rumus:

$$\text{Watt (VA)} = \text{Wmaks} + ( 25\% * \text{Wmaks} )$$

25% adalah daya cadangan untuk memenuhi kebutuhan *starting* alat listrik. Dalam contoh perhitungan di atas, perhitungan dayanya adalah:

$$2.120 \text{ Watt} + ( 25\% * 2.120 \text{ Watt} ) = 2.650 \text{ Watt.}$$

Dari nilai ini, maka kita pilih inverter misalnya dengan kapasitas 3.000 Watt (pembulatan ke atas).

## I. Menentukan Tegangan Kerja dan Menghitung Ampere Hour (AH) Baterai

Data yang diperlukan adalah terkait dengan spesifikasi baterai dan inverter; serta kebutuhan energi dari baterai yang telah dihitung pada langkah F.

Perlu menentukan terlebih dahulu tegangan (Vdc), Ampere Hour (AH), dan DOD baterai, sesuai spesifikasi pabrikan. Misalnya, dipilih baterai unit 12 Vdc, 1000 Ah, dan DOD 80%. Tegangan kerja sistem baterai ditentukan sesuai spesifikasi inverter yang dipilih pada langkah H, misalnya untuk inverter 3000 Watt, tegangan kerjanya sebesar 48 Vdc, maka dibutuhkan:

$$\text{Jumlah seri baterai} = \frac{\text{Tegangan kerja Sistem (Vdc)}}{\text{Tegangan kerja unit baterai (Vdc)}} = \frac{48}{12} = 4 \text{ seri}$$

$$\text{Jumlah paralel baterai} = \frac{\text{Kebutuhan Energi dari Baterai (Wh)}}{\text{tegangan kerja sistem (Vdc) x AH baterai x DOD}} = \frac{143.600}{48 \times 1000 \times 0,8} = 4 \text{ paralel} \quad (\text{dibulatkan ke atas}).$$

Jadi total jumlah baterai yang dibutuhkan adalah = 4 seri x 4 paralel = **16 unit baterai**.

## J. Menghitung Kapasitas Daya & Arus Solar Charge Regulator (SCR)

Input daya dan arus SCR ditentukan oleh Daya Puncak Modul Surya (Wp), sedangkan output daya dan arus SCR ditentukan oleh Tegangan Kerja Sistem baterai (Vdc).

Dalam contoh perhitungan di atas (Daya = 20.000 Wp; dan tegangan kerja sistem = 48 Vdc), dan dipilih SCR dengan kapasitas arus 100 Ampere/unit, maka:

Total Daya SCR harus di atas 20.000 Watt

Total Arus SCR >  $\frac{20.000}{48} = 417 \text{ Ampere}$

Jadi, jumlah SCR unit yang dibutuhkan =  $\frac{\text{total arus SCR}}{\text{kapasitas arus/SCR}} = \frac{417}{100} = 4,17 = 5 \text{ unit SCR}$   
(dibulatkan ke atas), dengan daya/SCR =  $\frac{20.000}{5} = 4.000 \text{ Watt/SCR}$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka diperoleh Tabel Spesifikasi rancangan sistem PLTS terpusat sebagai berikut:

Tabel 21 Rangkuman Rancangan Sistem PLTS Terpusat Off-grid

Langkah	Komponen	Parameter	Nilai	Unit
C		Daya Puncak	20	kWp
D		Luas Area Efektif	143	m <sup>2</sup>
D	Modul	Kapasitas terpilih	250	Wp
E		Jumlah	80	unit
F	Baterai	Hari otonomi terpilih	2	hari
F		Kapasitas	143.600	Wh
I		Spesifikasi tegangan terpilih	12	Vdc
I		Spesifikasi arus terpilih	1.000	Ah
I		Spesifikasi DoD terpilih	80	%
F		Jumlah	16	unit
H	Inverter	Kapasitas	3.000	Watt
J	Solar Charge Regulator (SCR)	Jumlah	5	Unit
J		Kapasitas	4.000	Watt

## 4.2. Pertimbangan Peletakan, Instalasi, dan Keamanan Lokasi

### 4.2.1. Peletakan (*layout*) Modul Surya

Kemampuan sistem tenaga surya fotovoltaik untuk menangkap sumber energi surya pada suatu lokasi dipengaruhi oleh interaksi antara posisi matahari (sebagai sumber energi) dan posisi modul (sebagai penerima energi). Idealnya, modul harus menghadap sejajar terhadap matahari, sehingga matahari dalam posisi tegak lurus terhadap permukaan modul, tetapi karena adanya perubahan posisi matahari setiap hari dan setiap tahun, dan juga variasi lokasi, maka perhatian harus difokuskan pada peletakan susunan modul surya.

Berdasarkan sistem *sizing* yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, diperoleh luas area efektif sebesar 143 m<sup>2</sup>, dimana untuk total luas area PLTS yang dibutuhkan menjadi 286 m<sup>2</sup>. Secara teknis, area khusus untuk pemasangan modul surya sendiri, dengan memperhitungkan jarak antar rangkaian modul surya untuk instalasi dan perawatan adalah dengan menambahkan sekitar 20-30% dari area efektif modul surya. Dalam contoh di atas, maka dibutuhkan total luas area sebesar 170 – 185 m<sup>2</sup>.

#### Kisaran proporsi luasan area PLTS, terdiri dari:

Luas Area Efektif = area khusus untuk modul/panel surya, dari hasil perhitungan langkah D ( $=X$ )  
Luas Area pemasangan modul surya = area efektif + jarak antar modul =  $X + 15\text{-}20\%X$   
Luas total area PLTS = area di dalam pagar PLTS (termasuk ruang control & jarak ke pagar) =  $X^2$

Dalam menentukan lokasi yang potensial, berikut merupakan upaya yang dapat dilakukan untuk mengoptimasi perolehan energi surgi:

1. **Melihat adanya objek penghalang pada sisi Timur dan sisi Barat.** Contohnya, apabila pada sisi Timur ada objek penghalang setinggi 1 meter, maka ketika operasional, PLTS baru dapat memperoleh sinar matahari setelah jam 9 pagi (jam matahari). Demikian pula sebaliknya di Barat, maka jam 3 matahari, PLTS terpusat tidak memperoleh sinar matahari. Sehingga, penting untuk menggunakan area yang memenuhi kriteria di atas. Secara umum, area tersebut sulit untuk ditemukan, oleh karena itu sedapat mungkin digunakan lokasi yang dari jam 9 pagi hingga jam 3 sore bebas dari bayangan.
2. **Melihat sudut kemiringan.** Apabila kita melihat dari ufuk/horison ke arah matahari, maka sudut antara sisi horizontal dan ketinggian matahari disebut **Sudut Ketinggian Matahari**. Sudut ini menggambarkan ketika matahari naik dan turun dalam satu hari (dalam derajat). Dalam desain PLTS, dikenal sudut kemiringan, atau seringkali disebut sudut elevasi atau sudut inklinasi. Ini merupakan sudut susunan modul surya yang diukur dari sisi horizontal. Besar sudut kemiringan ini sama dengan  $90^\circ$  minus Sudut Ketinggian Matahari. Hal ini untuk menjaga orientasi tegak lurus permukaan panel ke arah matahari.
3. **Melihat sudut azimuth.** Dalam perencanaan PLTS terpusat, sudut azimuth merupakan sudut arah modul surya terhadap arah utara atau arah selatan. Agar tidak terhalang bayangan, idealnya, apabila lokasi PLTS terpusat berada di Selatan garis khatulistiwa, maka modul surya diarahkan menghadap ke arah Utara (azimuth  $0^\circ$ ). Sebaliknya, apabila lokasi PLTS terpusat berada di Utara garis khatulistiwa, maka modul surya menghadap ke arah Selatan, dengan kata lain, diarahkan pada azimuth  $180^\circ$ .



Gambar 19 Sudut kemiringan (a) dan sudut azimuth (b)

(sumber: <https://www.solarserver.com/knowledge/lexicon/a/azimuth-angle.html>)

Apabila hal ini tidak terpenuhi, sehingga modul surya menghadap ke arah Utara pula, maka akan ada rugi-rugi inklinasi yang di alami. Secara umum, standar aman untuk Indonesia yang dapat digunakan untuk sudut kemiringan adalah sebesar  $6\text{--}11$  derajat, sesuai dengan letak lintang khatulistiwa Indonesia ( $6^\circ \text{ LU--}11^\circ \text{ LS}$ ).

4. **Melihat lahan efektif.** Apabila pada suatu daerah tidak tersedia lahan yang efektif untuk penempatan modul surya, maka peletakan di atas atap fasilitas umum (seperti sekolah, pasar, balai pertemuan, dan kantor desa) dapat menjadi opsi.

#### 4.2.2. Instalasi Modul Surya & Keamanan Lokasi

1. **Jenis logam untuk mounting modul surya PLTS** harus memperhatikan faktor kadar garam. Apabila lokasi PLTS berada di pinggir laut, maka komponen yang dipilih perlu tahan kepada tingkat kadar garam yang tinggi (*salinity*) sehingga tahan terhadap korosi. Aluminium merupakan bahan yang tahan terhadap korosi sedangkan untuk area lain, cukup dengan menggunakan bahan *galvanized*. Opsi lain adalah perlindungan komponen dengan membuat dinding pembatas (instalasi *indoor*).
2. **Rumah Daya** untuk menempatkan Solar Charge Regulator dan Inverter, Panel Distribusi, serta Baterai. Hal ini untuk memastikan bahwa peralatan-peralatan tersebut tidak mudah rusak dan tahan lama. Apabila suatu daerah dapat memperoleh bahan bangunan (batu bata, pasir, dsb.) secara mudah, maka rumah daya dapat dibuat dari bahan bangunan tersebut. Namun apabila sulit, maka rumah daya dapat dibuat dalam bentuk shelter/ container. Ukuran rumah daya harus sesuai dengan kapasitas inverter dan baterai yang disimpan, agar mendapatkan *cooling* yang cukup.
3. **Pagar** untuk menjaga keamanan lokasi PLTS dari intrusi binatang liar dan pihak yang tidak berkepentingan. Pagar dapat menggunakan bahan setempat yang cukup kuat.

#### 4.3.

#### Gambar Teknik dalam Proposal

Sebagai salah satu tahapan proses rancangan teknis PLTS terpusat, setelah perhitungan konfigurasi sistem seperti telah dijabarkan sebelumnya, perlu adanya dua jenis gambar teknik, yaitu *Front End Engineering Design (FEED)* dan *Detail Engineering Design (DED)*. FEED merupakan rancangan desain dasar dari pihak konsultan teknis, yang biasanya disertakan dalam dokumen tender. Sedangkan DED merupakan rancangan detail yang harus disiapkan oleh pihak kontraktor (pemenang tender) sebagai desain siap konstruksi.

Dalam penyiapan dokumen teknis (termasuk gambar teknik), pihak kontraktor harus melakukan perhitungan ‘*sizing*’ untuk memastikan keakuratan ukuran desain, dengan mengacu pada: 1) spesifikasi teknis material/komponen yg diajukan pihak kontraktor saat

ikut tender, 2) rancangan dasar (FEED) yg ada pada dokumen tender.

Tabel 22 Rangkuman Rancangan Sistem PLTS Terpusat Off-grid

No.	Gambar	FEED (Gambar Dari Konsultan)	Dokumen Tender (Gambar Yang Harus Dibuat Peserta Tender)	DED (Gambar Pemenang Tender)
1	Gambar konstruksi dudukan baterai	Cukup deskriptif	Gambar Umum atau GA (General Arrangement)	Gambar Detail
2	Gambar penempatan pyranometer	Cukup deskriptif	Gambar Umum	Gambar Detail
3	Gambar cable tray	Cukup deskriptif	Gambar Umum	Gambar Detail
4	Gambar teknik posisi cable conduit pada fondasi rumah	Cukup deskriptif	Cukup deskriptif	Gambar Detail
5	Gambar panel distribusi (mekanikal dan elektrikal) dan kelengkapannya	Gambar Tipikal	Gambar Umum atau GA (General Arrangement)	Gambar Detail
6	Gambar fondasi dan tiang penyangga PV Array	Gambar Tipikal	Gambar Umum	Gambar Detail
7	Gambar teknik mounting system	Gambar Tipikal	Gambar Umum	Gambar Detail
8	Gambar konstruksi bangunan rumah pembangkit	Gambar Tipikal	Gambar Umum atau GA (General Arrangement)	Gambar Detail
9	Layout penempatan peralatan dalam bangunan	Gambar Umum	Gambar Umum atau GA (General Arrangement)	Gambar Detail
10	Gambar instalasi jaringan listrik (mengacu pada PUUL 2011)	Gambar Umum	Gambar Umum atau GA (General Arrangement)	Gambar Detail
11	Gambar teknis pagar & papan nama	Cukup deskriptif	Gambar Umum	Gambar Detail
12	Gambar mekanik dan elektrikal tiang listrik (mengacu pada PUUL 2011)	Gambar Tipikal	Gambar Umum	Gambar Detail
13	Gambar fondasi tiang listrik	Cukup deskriptif	Gambar Umum	Gambar Detail
14	Gambar arrester dengan posisinya pada tiang listrik	Cukup deskriptif	Gambar Umum	Gambar Detail
15	Gambar mekanik menara dan fondasi penangkal petir	Cukup deskriptif	Gambar Umum	Gambar Detail
16	Gambar elektrikal penangkal petir	Cukup deskriptif	Gambar Umum	Gambar Detail

Keterangan: 1) **Gambar tipikal:** diagram yg ditujukan hanya untuk memperjelas deskripsi

suatu konsep atau proses, tetapi belum ada rancangan atau perhitungan sistem *sizing*-nya, misalnya gambar diagram sistem PLTS AC coupling atau sistem DC coupling. 2) **Gambar Umum** atau gambar untuk *basic design*: gambar yang sudah dilengkapi ukuran hasil perhitungan rancangan sistem, misalnya jumlah modul surya, jumlah baterai, dsb. Tetapi gambar ini belum dapat dipakai untuk pemasangan/ konstruksi 3) Gambar detail: gambar acuan untuk pengrajan pemasangan atau konstruksi.

#### 4.4.

#### Interkoneksi PLTS Terpusat off-grid ke Jaringan PLN di Masa Datang

Pembangunan PLTS terpusat *off-grid* merupakan salah satu bentuk upaya awal penyediaan listrik kepada masyarakat di luar jaringan PLN, mengingat keterbatasan PLN dalam menjangkau daerah-daerah tertentu (terutama daerah 4T) saat ini. Oleh karena itu, ke depannya, sangat memungkinkan bahwa PLTS terpusat yang telah dibangun akan disambungkan ke jaringan PLN ketika infrastruktur PLN telah siap menjangkau daerah tersebut, apakah 1 tahun, 3 tahun, atau 5 tahun mendatang.

Terkait hal ini, terdapat beberapa hal teknis maupun non-teknis yang perlu diperhatikan sejak awal perancangan sistem PLTS, antara lain sebagai berikut:

1. Sebelum proses interkoneksi, PLTS tersebut harus telah diserahterimakan dan memiliki status legal/kepemilikan yang jelas, untuk keperluan perjanjian jual beli dengan PLN.
2. Telah dipikirkan kebutuhan studi penyambungan jaringan, dimana memungkinkan untuk perubahan konfigurasi teknis sistem PLTS terpusat yang dibangun. Hal ini terkait ketersediaan dana untuk melakukan studi interkoneksi, serta dana untuk melakukan perubahan konfigurasi teknis, jika diperlukan.

Untuk menghindari perubahan teknis secara signifikan, pada Bab 3.I telah dijelaskan bahwa **PLTS terpusat off-grid dengan sistem AC bus** lebih fleksibel untuk dilakukan penyambungan ke sistem pembangkit lainnya (termasuk jaringan PLN). Oleh karena itu, untuk PLTS terpusat yang akan dibangun di desa/wilayah yang relatif dekat dengan jaringan PLN, sistem *off-grid* AC bus lebih baik diterapkan sejak awal untuk mengantisipasi kebutuhan biaya yang besar saat penyambungan.

- Spesifikasi teknis komponen PLTS dan sistem kelistrikkannya telah sesuai dengan persyaratan PLN. Tanpa adanya kesesuaian teknis ini, penyambungan tersebut akan sulit untuk dilakukan, dan dapat berdampak pada kesinambungan/operasional pembangkit dan suplai listrik. Beberapa referensi spesifikasi teknis sesuai jaringan listrik PLN adalah sebagai berikut:
  - Buku 1 PLN: Kriteria Disain Enjinering Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik (Keputusan Direksi PT. PLN (Persero) No. 475.K/DIR/2010, tanggal 11 Agustus 2010)
  - Buku 2 PLN: Standar Konstruksi Sambungan Tenaga Listrik (Keputusan Direksi PT. PLN (Persero) No. 474.K/DIR/2010, tanggal 11 Agustus 2010)
  - Buku 3 PLN: Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Rendah Tenaga Listrik (Keputusan Direksi PT. PLN (Persero) No. 473.K/DIR/2010, tanggal 11 Agustus 2010)
  - Buku 4 PLN: Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik (Keputusan Direksi PT. PLN (Persero) No. 605.K/DIR/2010, tanggal 9 Desember 2010)
  - Buku 5 PLN: Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik (Keputusan Direksi PT. PLN (Persero) No. 606.K/DIR/2010, tanggal 9 Desember 2010)

#### 4.5.

### Rancangan Anggaran Biaya Pembangunan dan Operasional PLTS

Rancangan **anggaran biaya yang dipaparkan dalam buku Panduan ini mencakup anggaran persiapan pembangunan/konstruksi, serta operasional dan pemeliharaan PLTS.**



Gambar 24 Cakupan Penyusunan RAB PLTS Terpusat Off-grid

#### 4.5.1. RAB Pembangunan PLTS Terpusat

Komponen Pembiayaan yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

- Direct Cost* (Biaya Langsung)
  - Hardcost*: Perangkat sistem PLTS (PV, inverter, baterai, kabel, tiang, dll)
  - Softcost*: Pekerjaan Sipil (Persiapan lahan, fondasi PV array, Rumah pembangkit, fondasi penangkal petir, pagar dan fondasi, fondasi tiang jaringan); *commissioning*, dan perizinan

- Indirect Cost* (Biaya tidak langsung)
  - Engineering*/desain dan jasa instalasi
  - Mobilisasi dan demobilisasi (termasuk jasa pengiriman)
  - Pelatihan calon pengelola
- Contingency*  
Anggaran ini untuk mengantisipasi biaya di luar anggaran yang sudah direncanakan, yang biasanya berkisar antara 20-30% dari total biaya langsung dan tidak langsung. Untuk mengurangi biaya *contingency*, perhitungan anggaran biaya diusahakan seakurat mungkin, yang dapat dilakukan dengan berdasarkan penawaran harga dari 2-3 vendor/supplier.

Tabel 22 Perkiraan Harga Komponen dan Biaya Pekerjaan Pembangunan PLTS<sup>13</sup>

Komponen	Kisaran harga (2018 <sup>14</sup> )
<b>Direct Cost</b>	
Panel Surya	\$0,5 – 0,85/Wp
Inverter	\$0,25 – 0,30/Watt
Baterai (VRLA)	\$0,13 – 0,15/Wh
<i>Solar Charge Regulator</i>	\$0,25 – 0,30/Watt
Pekerjaan Sipil	\$0,1-0,3/Watt
<i>Commissioning</i>	\$0,05/Watt
Kabel & tiang	Tergantung jumlah rumah dan jarak rumah yang dilayani
<b>Indirect Cost</b>	
Desain engineering	Rp. 40-60 juta/50 kWp
Mobilisasi dan demobilisasi	Tergantung lokasi pembangunan PLTS
<i>Contingency</i>	20-30% dari total biaya

#### 4.5.2. RAB Operasional dan Pemeliharaan PLTS

Biaya operasional dihitung dengan asumsi umur PLTS 20 tahun. Selama 20 tahun, diperkirakan memerlukan penggantian baterai sebanyak 3 kali (setiap 5 tahun sekali), dan penggantian inverter sebanyak 1 kali (pada umur 10 tahun). Komponen biaya operasional terdiri dari:

- Biaya Tetap (Fixed Cost): Pegawai (teknisi, administrasi/manajemen), operasional kantor (ATK, komunikasi, transportasi)
- Biaya Tidak Tetap (Variable Cost): Penggantian peralatan/sparepart (baterai, inverter, kabel)

13) Contoh tabel RAB dan *item* yang harus dihitung dapat dilihat pada file excel yang menjadi bagian dari Buku Panduan ini.

14) Reference: Clean Energy Handbook for Bank and Financial Institutions, tahun 2015, oleh USAID-ICED II, dan beberapa sumber daring.

Tabel 23 Ilustrasi Penghitungan Biaya Operasional dan Perawatan dan Penentuan Tarif

Komponen	Jumlah	Unit	Acuan Biaya (tahun 2018)	Contoh Perhitungan		
				Biaya per Bulan & per peralatan	Biaya per Tahun	Eskalasi 20 tahun
<b>Fixed Cost<sup>15</sup></b>						
Pegawai teknis	2	Orang/ bulan	UMP/UMK	3.000.000*	36.000.000	139.308.640
Pegawai adm&manajemen	2	Orang/ bulan	UMP/UMK	3.000.000*	36.000.000	139.308.640
Operasional kantor	lumsum	Per bulan		1.000.000	12.000.000	46.436.213
<b>Variable Cost</b>						
Baterai (per 5 tahun)			\$0.13 – 0.15/Wh	281.456.000	844.368.000	
Inverter (per 10 tahun)			\$0.25 – 0.30/Watt	12.600.000	12.600.000	
					1.182.021.494	
				<b>Biaya O&amp;M per bulan</b>	4.925.090	
				<b>Iuran per KK/bulan</b>	49.250	

\*sekedar angka ilustrasi

Berdasarkan contoh perhitungan di atas, total biaya operasional dan perawatan 1-unit PLTS berkapasitas 20 kWp adalah sekitar 1,2 miliar rupiah selama 20 tahun sejak beroperasinya PLTS. Sehingga, biaya operasional dan perawatan PLTS selama 1 bulan adalah sebesar kurang lebih 5 juta rupiah. Jika total KK yang dilayani adalah sebanyak 100 KK, maka tiap KK diharapkan membayar **iuran sebesar 50 ribu rupiah setiap bulannya** supaya pengelolaan PLTS dapat dilakukan secara mandiri.

Perlu diingat bahwa hal ini adalah contoh penentuan iuran berdasarkan perhitungan ideal, dengan kondisi sebagai berikut:

- Seluruh biaya pengoperasian dan pemeliharaan dibebankan kepada konsumen (=penerima listrik), termasuk biaya penggantian baterai dan inverter
- Biaya listrik untuk fasum fasos dan kegiatan ekonomi belum dipisahkan, sehingga jika nantinya fasum, fasos, serta kegiatan ekonomi telah dapat dihitung mandiri (berdasarkan meter pengukuran), maka iuran per KK akan menjadi lebih murah
- Iuran masing-masing KK tidak dihitung berdasarkan kWh listrik yang digunakan (belum berdasarkan meter pengukuran, sehingga iuran dibagi rata ke seluruh konsumen)

Beberapa skema lain yang dapat diterapkan adalah:

Perhitungan iuran listrik tidak termasuk biaya penggantian baterai dan inverter (hanya variable **fixed cost**). Biaya ini nantinya dapat dibantu oleh Pemda saat waktu penggantian (tiap 5 tahun atau 10 tahun).

- Jika terdapat kesenjangan ekonomi yang cukup jauh di masyarakat, skema subsidi silang dapat diterapkan. Masyarakat yang lebih mampu, membayar lebih besar dibandingkan dengan masyarakat yang kurang mampu. Hal ini seharusnya sesuai juga dengan besarnya penggunaan listrik masing-masing (lebih terukur jika menggunakan meter pengukuran).
- Pendekatan lain dengan pertimbangan yang dijelaskan lebih detail pada sub bab di bawah ini.

#### 4.5.3. Rencana Pentarifan

Berdasarkan pengalaman pengelolaan PLTS (atau pembangkit EBT) di wilayah 3T, terdapat beberapa pendekatan yang dapat digunakan untuk menghitung besarnya iuran/tarif listrik kepada warga, dengan alternatif sebagai berikut:

##### 1. Kebutuhan O&M murni

Pendekatan ini adalah seperti yang dicontohkan pada perhitungan di atas.

##### 2. Penyesuaian terhadap harga listrik PLN

Pada prinsipnya, karena upaya penyediaan listrik menggunakan DAK ini menasar daerah 3T yang belum berkembang, maka masyarakat penerima manfaat (listrik) seharusnya berhak mendapatkan subsidi listrik, sebagaimana penyediaan listrik PLN yang memiliki kategori harga listrik yang bersubsidi.

Tabel 24 Tarif Dasar Listrik Rumah Tangga RI PLN

Golongan Tarif/Daya	Keterangan	Tarif (Rp/kWh)
R-I / 450 VA	Subsidi	415
R-I / 900 VA	Subsidi	586
R-I / 900 VA-RTM (Rumah Tangga Mampu)	Non-subsidi	1.352

Sumber: PLN, 2018

Berdasarkan contoh perhitungan di atas, dengan asumsi rata-rata, maka setiap rumah tangga memiliki batasan maksimal akses listrik sebesar 22 kWh, sehingga, harga listrik per kWh untuk sistem ini adalah sebesar Rp. 2.281,-<sup>16</sup>. Jika dibandingkan dengan harga/tarif listrik bersubsidi PLN (misalnya saat ini berkisar Rp. 415,- rupiah), maka untuk prinsip keadilan, masyarakat penerima dapat dibebankan iuran listrik sebesar Rp.  $415 \times 22 \text{ kWh} = \text{Rp. } 9.000,-$  per bulan. Sedangkan sisanya, sebesar Rp. 41.000,- dialokasikan dari subsidi Pemerintah Daerah.

<sup>16</sup> Detail perhitungan dapat dilihat pada file excel (Sheet Rencana Pentarifan) yang menjadi bagian dari Buku Panduan ini

<sup>15</sup> Kisaran harga dan biaya ini mengacu pada kondisi tahun 2018, sehingga perlu eskalasi berdasarkan inflasi pada tahun perancangan (sekitar 5-8% per tahun).

### 3. **Capability to pay**

Pendekatan ini pada prinsipnya menentukan nilai tarif listrik berdasarkan **kemampuan masyarakat untuk membayar**; dengan kata lain berdasarkan pendapatan masyarakat, setelah dikurangi dengan kebutuhan biaya hidup primer. Nilai tarif listrik per bulan dari perhitungan biaya O&M murni (seperti contoh sub bab sebelumnya) digunakan sebagai dasar bagi Pemerintah Daerah dalam menentukan subsidi listrik PLTS.

Berdasarkan survei kelayakan, akan diperoleh informasi mengenai kemampuan masyarakat untuk membayar listrik. Jika terdapat selisih antara tarif per bulan dengan kemampuan masyarakat untuk membayar, selisih tersebut dapat menjadi nilai subsidi yang dialokasikan oleh Pemerintah Daerah setiap tahunnya.

### 4. **Willingness to pay**

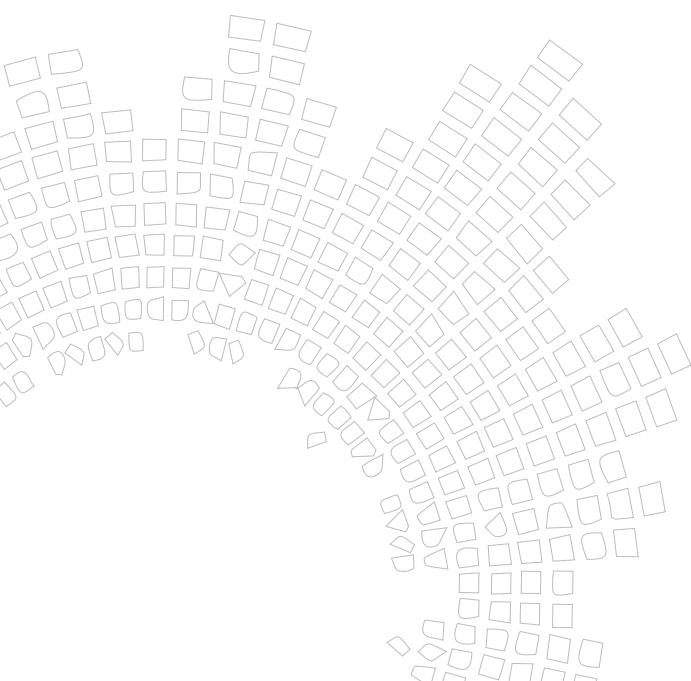
Pendekatan ini hampir sama dengan pendekatan nomor 3, namun dilakukan berdasarkan **kemauan masyarakat untuk membayar**. Dengan kata lain, hal yang paling berpengaruh adalah persepsi masyarakat terhadap kebutuhan listrik dalam hidup sehari-hari. Bagi mereka yang belum memahami sejauh mana listrik dapat membantu meningkatkan taraf hidup mereka, maka kemauan membayar listrik akan lebih rendah dibandingkan dengan masyarakat yang sangat merasakan manfaat listrik dalam kehidupannya.

Pendekatan manapun yang dilakukan, sangat disarankan untuk mencantumkan nilai subsidi sebagai komitmen Pemerintah Daerah dalam surat pernyataan kepala daerah (yang menjadi salah satu persyaratan dokumen pengusulan proposal). Karena hal ini dapat lebih menjamin keberlanjutan operasional PLTS tersebut.



Setelah melalui langkah-langkah dalam Bab ini, informasi utama yang telah diperoleh untuk melakukan studi kelayakan proyek PLTS terpusat *Off-grid* adalah:

- ✓ Rancangan Sistem PLTS & Spesifikasi Komponen PLTS
- ✓ Anggaran Biaya Pembangunan PLTS
- ✓ Rencana Besamya Iuran Listrik per Bulan
- ✓ Rencana Besamya Subsidi Dana Operasional PLTS (Jika ada)



# BAB 5

Penyusunan dan Pengajuan Proposal  
Pembangunan PLTS Terpusat

## 5.1.

### Daftar Isi Proposal Pembangunan PLTS Terpusat

Berikut ini adalah contoh daftar isi Proposal Pembangunan PLTS *Off-grid* yang direkomendasikan berdasarkan pengalaman Direktorat EBTKE selama pembangunan pembangkit EBT skala kecil melalui APBN:

#### BAB 1 PENDAHULUAN

- 1.1 Latar Belakang
- 1.2 Maksud dan Tujuan
- 1.3 Ruang Lingkup Kegiatan

#### BAB 2 GAMBARAN UMUM

- 2.1 Gambaran Umum Lokasi atau desa yang akan dibangun instalasi pemanfaatan energi terbarukan Terpusat
- 2.1.1 Akses ke Lokasi
- 2.1.2 Akses ke Jaringan Tenaga Listrik PT PLN (Persero)
- 2.1.3 Hasil Survei Lokasi dan Kebutuhan Listrik
- 2.2 Komponen Instalasi Pemanfaatan Energi Terbarukan

#### BAB 3 ASPEK KELAYAKAN

- 1.1 Aspek Legal
- 1.1.1 Aspek ketersediaan dan legalitas lahan
- 1.1.2 Aspek lingkungan dan perolehan izin lingkungan
- 1.2 Aspek Teknis
- 1.3 Aspek Sosial Ekonomi
- 1.4 Aspek Pengelolaan dan Kelembagaan
- 1.5 Aspek Usulan Pembiayaan

#### BAB 4 RANCANGAN TEKNIK

- 3.1 Parameter Rancangan
- 3.2 Rancangan Sistem dan Konstruksi
- 3.3 Rancangan Anggaran Biaya Pembangunan
- 3.4 Gambar Teknik

#### BAB 5 KESIMPULAN

#### LAMPIRAN

## 5.2.

### Penyiapan Dokumen Pendukung

Proposal yang telah disusun berdasarkan studi kelayakan PLTS Terpusat Off-grid, selanjutnya dapat diajukan untuk mendapatkan pembiayaan melalui berbagai skema yang ada, misalnya melalui dana APBN (kepada Pemerintah Pusat), dana CSR (kepada perusahaan swasta di sekitar sasaran), dana desa, dana filantropi (masyarakat), ataupun dana hibah dari berbagai projek bantuan luar negeri bidang energi (jika ada).

Terkait dengan pengajuan pembiayaan tersebut, perlu diingat bahwa setiap skema pembiayaan memiliki ketentuan administrasi, berupa kelengkapan dokumen pendukung yang mungkin berbeda satu dengan yang lain. Memenuhi persyaratan dokumen tersebut sangatlah penting, karena dokumen-dokumen tersebut menjadi sarana bagi calon pemberi dana untuk menentukan projek yang sesuai dengan visi dan misi skema pembiayaan yang ditawarkan.

Sebagai contoh, dalam skema pendanaan APBN untuk pembangunan PLTS Terpusat off-grid (atau jenis EBT lainnya), berdasarkan Peraturan Menteri ESDM no.39 tahun 2017, yang telah diubah dengan Permen ESDM no.12 tahun 2018, ditentukan beberapa dokumen sebagai persyaratan dalam pengajuan proposal, sebagai berikut:

*Tabel 25 Daftar Persyaratan Dokumen*

NO.	DOKUMEN PENDUKUNG	TUJUAN & DESKRIPSI SINGKAT
<b>Terkait dengan kegiatan instalasi/pembangunan</b>		
1	Surat usulan kegiatan dari Gubernur	Perlu dinyatakan juga kesanggupan menyediakan lahan untuk memastikan bahwa pembangunan tidak akan terkendala oleh proses pembebasan lahan dan menghindari isu legalitas di kemudian hari
2	Rancangan Teknis PLTS <i>Off-grid</i>	Disusun berdasarkan studi kelayakan teknis dan finansial. Dalam dokumen ini juga dicantumkan jadwal pelaksanaan pembangunan sampai dengan pengoperasian, sebagai dasar pelaksanaan monitoring instalasi/pembangunan
3	Surat pemyataan telah berkoordinasi dengan PT PLN (Persero) terkait dengan rencana pengembangan jaringan distribusi tenaga listrik	Untuk pemerataan akses listrik dan menghindari tumpang tindih program elektrifikasi
4	Surat Keterangan Kerusakan – minimal oleh Kepala Desa	Khusus untuk pengajuan revitalisasi PLTS (atau pembangkit lainnya)
<b>Terkait dengan kegiatan pengelolaan (Operasional &amp; Maintenance – O&amp;M)</b>		
1	Dokumen Perencanaan	Disusun berdasarkan studi kelayakan sosial ekonomi masyarakat penerima manfaat

*Tabel 25 Daftar Persyaratan Dokumen*

NO.	DOKUMEN PENDUKUNG	TUJUAN & DESKRIPSI SINGKAT
2	Surat pernyataan kesanggupan menerima dan mengelola hasil Kegiatan Fisik Pemanfaatan EBTKE	Untuk memastikan bahwa PLTS <i>Off-grid</i> yang dibangun dapat memberikan manfaat yang besar dalam jangka panjang kepada masyarakat
3	Surat pernyataan kesediaan melakukan pembinaan dan pendampingan terhadap pengelola atau penerima manfaat	Untuk meningkatkan kapasitas SDM di daerah terpencil dalam pengelolaan PLTS <i>Off-grid</i> , termasuk sebagai antisipasi regenerasi pengelola
4	Surat pernyataan keabsahan dan kebenaran seluruh dokumen pen-dukung yang diajukan	Untuk memastikan keabsahan dan kebenaran dokumen
5	Penetapan calon pengelola atau pen-erima manfaat	Penetapan pengelola sejak awal akan membantu percepatan proses penyiaian SDM calon pengelola, sehingga ketika pembangunan telah selesai, SDM lokal telah siap

Perlu dicatat bahwa persyaratan dokumen pendukung pada suatu skema pendanaan tertentu dapat mengalami penyesuaian dari tahun ke tahun. Untuk itu, diperlukan koordinasi dan update secara berkala dengan pihak calon pemberi dana untuk memperoleh informasi terkini.

### 5.3.

## Verifikasi Kesiapan Proyek

Penting bagi tim untuk dapat melakukan verifikasi terhadap kelayakan dan kejelasan presentasi projek yang sedang direncanakan, sebelum projek tersebut dilaksanakan, atau sebelum proposal tersebut diajukan kepada pihak penyedia bantuan dana/pembangunan. Hal ini untuk membantu memastikan bahwa proses pembangunan telah direncanakan secara menyeluruh, mulai dari pembebasan lahan hingga periode O&M, sehingga terjaga keberlanjutannya.

Berikut ini beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dan melakukan verifikasi kesiapan projek:

1. Proposal telah sesuai dengan SNI, serta spesifikasi umum, teknis dan/atau mekanikal elektrikal (jika ada) yang berlaku saat projek tersebut direncanakan. Sebagai contoh, untuk pembangunan EBT oleh Pemerintah, terdapat spesifikasi umum dan teknis yang perlu diacu.
2. Penyusunan jadwal pelaksanaan kegiatan fisik telah disesuaikan dengan skema pendanaan yang ada/yang diajukan. Biasanya, setiap skema pembiayaan memiliki aturan pencairan dana tertentu yang akan mempengaruhi progress pembangunan fisik saat pembangunan dilaksanakan.
3. Proposal kegiatan telah dilengkapi dengan dokumen lingkungan hidup (AMDAL, UKL/UPL, atau SPPL) sesuai dengan jenis kegiatan yang diajukan. Proses penyusunan dokumen lingkungan hidup dapat mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 16 tahun 2012.

4. Proposal yang diajukan telah disusun berdasarkan data-data yang valid di lapangan, selain telah memenuhi kelengkapan dokumen dan administrasi.

Untuk projek yang telah memiliki sumber pendanaan, salah satu langkah penting yang menjadi penentu keberhasilan projek adalah proses pemilihan kontraktor. Sangat disarankan untuk tidak memilih kontraktor hanya berdasarkan harga termurah, terlebih kontraktor yang tidak mau melibatkan Pemberi Kerja dalam penentuan aspek kunci dalam pekerjaan tersebut. Beberapa kriteria pemilihan kontraktor yang direkomendasikan adalah sebagai berikut:

1. Portofolio pekerjaan serupa (misalnya Studi Kelayakan PLTS Terpusat off-grid), dimana telah memasuki tahap commissioning atau operasional.
2. Konsultan/kontraktor yang berpengalaman dengan pekerjaan serupa dalam kondisi yang berbeda-beda (geografis, bentang lahan, dan kerangka waktu) akan lebih mumpuni.
3. Tidak ada konflik kepentingan di dalam atau antara perusahaan dengan pemberi kerja.
4. Tim yang profesional sesuai dengan keahlian yang dibutuhkan. Jika diperlukan, seluruh anggota tim perlu dihadirkan dalam salah satu tahap proses tender untuk memverifikasi kompetensinya.

Berdasarkan pengalaman pembangunan PLTS terpusat off-grid oleh Pemerintah (baik melalui skema Dana Alokasi Khusus ataupun skema APBN), verifikasi projek yang diajukan difokuskan pada hal-hal sebagai berikut:

1. Tingkat aksesibilitas masyarakat terhadap energi modern (listrik) yang rendah saat projek diajukan/direncanakan
2. Potensi dampak atau manfaat penyediaan listrik terhadap kualitas pelayanan public maupun peningkatan ekonomi masyarakat
3. Kesesuaian potensi EBT di wilayah sasaran
4. Kejelasan status dan keberadaan lahan untuk pembangunan PLTS terpusat off-grid
5. Kejelasan target pengguna listrik, calon lembaga pengelola, dan sistem/skema proses bisnis yang akan diterapkan



Setelah melalui langkah-langkah dalam Buku ini, informasi penting yang sudah diperoleh dan perlu dipersiapkan untuk mengajukan proposal kepada calon pemberi dana adalah:

- ✓ Kelengkapan administrasi
- ✓ Rencana Kelembagaan
- ✓ Rencana Anggaran Biaya
- ✓ Foto dan Denah
- ✓ Rancangan Teknis
- ✓ Potensi Dampak Sosial Ekonomi

# REFERENSI

## Peraturan Perundang-undangan

- Undang-undang No.32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup
- Undang-undang No.23 tahun 2014 tentang Pemerintahan Daerah
- Peraturan Pemerintah No.27 tahun 2014 tentang Pengelolaan Barang Milik Negara/Daerah
- Peraturan Presiden No.54 tahun 2010 tentang Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah, jo. Perpres No.4 tahun 2015
- Peraturan Menteri Keuangan No.50/PMK.07/2017 tentang Pengelolaan Transfer ke Daerah dan Dana Desa, jo. Permen Keuangan No.112/PMK.07/2017, jo. PMK 225/PMK.07/2017
- Peraturan Menteri ESDM No.30 tahun 2015 tentang Tata Cara Hibah Barang Milik Negara di Lingkungan Kementerian ESDM yang dari Awal Pengadaannya Direncanakan untuk Dihibahkan
- Peraturan Menteri ESDM No.3 tahun 2016 tentang Petunjuk Teknis Penggunaan Dana Alokasi Khusus Bidang Energi Skala Kecil Tahun Anggaran 2016
- Peraturan Menteri ESDM No.3 tahun 2017 tentang Petunjuk Operasional Pelaksanaan Dana Alokasi Khusus Fisik Penugasan Bidang Energi Skala Kecil
- Peraturan Menteri ESDM No.39 tahun 2017 tentang Pelaksanaan Kegiatan Fisik Pemanfaatan Energi Baru dan Energi Terbarukan Serta Konservasi Energi
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.13 tahun 2010 tentang Upaya Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Upaya Pemantauan Lingkungan Hidup (UKL/UPL) dan Surat Pernyataan Kesanggupan Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan Hidup (SPPL)
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.16 tahun 2012 tentang Pedoman Penyusunan Dokumen Lingkungan Hidup
- Peraturan Menteri Negara Perumahan Rakyat No.25 tahun 2011 tentang Panduan Penyelenggaraan Perumahan Murah

## Buku

- Pedoman Studi Kelayakan PLTMH, 2008, IMIDAP dan Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral
- Rencana Pengembangan Tata Ruang Kawasan Kota Terpadu Mandiri, 2011
- Panduan SINERGI DESA – Sistem Informasi Energi Desa, Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi, Kementerian ESDM

- Panduan Penyusunan Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat, 2014, Direktorat Aneka Energi Baru dan Energi Terbarukan, Kementerian ESDM
- Panduan Pengoperasian dan Perawatan PLTS Terpusat, 2014, Direktorat Aneka Energi Baru dan Energi Terbarukan, Kementerian ESDM
- Panduan Pelatihan Tim Pengelolaan Desa, 2014, Energizing Development (Endev) Indonesia
- Pedoman Energi Bersih untuk Lembaga Jasa Keuangan, 2014, OJK dan USAID
- Dokumen Lingkungan Hidup Sektor Energi Bersih, 2015, OJK, KLHK, dan USAID
- Paket Pelatihan Pembiayaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya, 2015, OJK dan USAID
- Pedoman Umum, Petunjuk Teknis dan Manual Perhitungan Pemantauan, Evaluasi, dan Pelaporan (PEP) Pelaksanaan RAN dan RAD-GRK, Bidang Berbasis Energi, 2015, Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional / Bappenas
- Pedoman Pemetaan Geospasial Data Elektrifikasi Daerah Menggunakan Software QGIS, 2017, USAID
- Mekanisme Penilaian Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Air (PLTA) Skala Kecil, 2017, USAID

## Presentasi

- Dana Alokasi Khusus Bidang Energi Skala Kecil Tahun Anggaran 2017, 2016, Kementerian ESDM
- Kebijakan Elektrifikasi Pedesaan melalui DAK, 2018, Direktorat Aneka Energi Baru dan Energi Terbarukan, Kementerian ESDM

## Formulir

- Form Evaluasi Teknis FS PLTS – Form PLTS.01, Direktorat Aneka Energi Baru dan Energi Terbarukan, Kementerian ESDM
- Form Evaluasi FS PLTS dan PLTMH, Direktorat Aneka Energi Baru dan Energi Terbarukan, Kementerian ESDM

## Standar Nasional Indonesia

- SNI 03-1733-2004 tentang Tata Cara Perencanaan Lingkungan Perumahan di Perkotaan
- SNI 8395:2017 Panduan Studi Kelayakan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Fotovoltaik, 2017, Badan Standardisasi Nasional

# LAMPIRAN A

## DAFTAR DOKUMEN PENDUKUNG DALAM *Flash-Drive*

1. Soft-file Buku Panduan Studi Kelayakan PLTS Terpusat Off-grid
2. Soft-file contoh formulir survey lapangan untuk studi kelayakan, sebagaimana disajikan pada Lampiran D,E,F,dan G
3. Kalkulator/template perhitungan rancangan system PLTS terpusat, yang terdiri dari:
  - a. Lembar Data Beban dan Jam Operasi
  - b. Lembar Kebutuhan Energi Harian
  - c. Lembar System Sizing
  - d. Lembar RAB PLTS Terpusat
  - e. Lembar Penentuan Tarif
  - f. Lembar Data Insolasi Solar PV, dan
  - g. Lembar Acuan Koefisien (tidak boleh dihapus)

# LAMPIRAN B

## PEMETAAN PEMANGKU KEPENTINGAN

Pemangku Kepentingan	Peran dan Tanggung Jawab
ESDM	<ul style="list-style-type: none"><li>• Melaksanakan Seleksi Proposal dan menyampaikan hasilnya</li><li>• Memberikan pendanaan untuk persiapan proyek dan biaya proyek sistem PLTS terpusat</li><li>• Melakukan koordinasi dengan Pemda setempat</li><li>• Supervisi dan inspeksi pelaksanaan proyek</li><li>• Pengalihan asset ke koperasi/pemda</li><li>• Memfasilitasi "izin usaha wilayah kelistrikan" dari Pemprov dan Koperasi (atau lembaga pengelola)</li></ul>
Pemerintah Daerah Provinsi	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mengusulkan kegiatan pembangunan PLTS terpusat <i>Off-grid</i> secara resmi melalui Surat Usulan Gubernur</li><li>• Melaksanakan seleksi kontraktor, untuk proposal yang disetujui</li><li>• Supervisi dan inspeksi pelaksanaan proyek</li><li>• Membantu Kabupaten/Kota untuk menyiapkan peraturan tambahan untuk mendukung keberlanjutan proyek, jika dibutuhkan</li></ul>
Pemerintah Kab/Kota	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mengupayakan pembebasan lahan di lokasi yang terpilih</li><li>• Memfasilitasi pembentukan, penguatan, atau pengembangan lembaga pengelola PLTS terpusat <i>Off-grid</i></li><li>• Mengawasi dan memantau keberlanjutan proyek: keuangan, administrasi, pembayaran pada masyarakat melalui koperasi, juga sistem pemeliharaan dan operasi</li><li>• Mempersiapkan peraturan tambahan untuk mendukung keberlanjutan proyek, jika dibutuhkan</li></ul>
Pemerintah Desa pada Lokasi PLTS	<ul style="list-style-type: none"><li>• Memfasilitasi pembebasan lahan untuk implementasi proyek</li><li>• Memfasilitasi pengembangan masyarakat untuk penerimaan dan kemauan membayar listrik</li><li>• Mengawasi langsung dan memantau operasi, sistem tenaga pemeliharaan, dan pembayaran masyarakat</li></ul>
Kontraktor	<ul style="list-style-type: none"><li>• Implementasi proyek hingga berhasil beroperasi</li><li>• Melakukan pelatihan operasional dan pemeliharaan teknis kepada operator/staf teknis lembaga pengelola</li><li>• Mendukung Pemerintah Daerah/Desa dalam mengembangkan kapasitas / pemahaman masyarakat tentang sistem PLTS terpusat, manfaat kelistrikan, mekanisme pembayaran, dan keberlanjutan proyek</li></ul>

Pemangku Kepentingan	Peran dan Tanggung Jawab
Operator/Lembaga pengelola	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melakukan operasi dan pemeliharaan sistem PLTS terpusat <i>Off-grid</i></li> <li>Bertanggung jawab dalam melaporkan isu-isu atau kendala yang terjadi di lapangan kepada Pemerintah Kab/Kota untuk penanganan lebih lanjut</li> <li>Mendukung Pemerintah Daerah/Desa dalam mengembangkan kapasitas / pemahaman masyarakat tentang sistem PLTS terpusat, manfaat kelistrikan, mekanisme pembayaran, dan keberlanjutan proyek</li> <li>Melakukan pengumpulan pembayaran dari konsumen/pelanggan dan mengelola pendanaannya dengan baik</li> <li>Membantu menyediakan sumber daya yang dibutuhkan</li> </ul>
Pelanggan/masyarakat	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kontribusi lahan untuk lokasi proyek, jika diperlukan</li> <li>Menerima akses listrik dan membayar tariff sesuai kesepakatan</li> <li>Dapat meminta tambahan daya listrik sesuai dengan pengembangan kegiatan ekonomi local yang dilakukan untuk pertumbuhan ekonominya</li> </ul>

## LAMPIRAN C

### CONTOH POTENSI RISIKO DAN RENCANA MITIGASI

Potensi risiko dalam pengembangan PLTS terpusat *Off-grid* dapat terkait dengan faktor teknis, faktor konstruksi, faktor legal, faktor lingkungan, maupun faktor sosial. Sejak awal, rencana pengembangan PLTS terpusat *Off-grid* harus dianalisis sedemikian rupa sehingga risiko-risiko yang mungkin terjadi dapat dimitigasi sedini mungkin. Misalnya, lokasi site harus dipastikan sesuai untuk peruntukan PLTS, serta tersedia akses dan tempat yang layak untuk pelaksanaan konstruksi. Jika rencana lokasi proyek terhalang oleh bukit, proyek tersebut berpotensi untuk berkinerja rendah karena modul surya fotovoltaik kesulitan mendapatkan sinar matahari. Selain itu, kondisi geoteknik lokasi proyek harus diketahui agar tidak mengalami kesulitan selama pembangunan. Jika tidak, kondisi ini dapat mengakibatkan peningkatan biaya konstruksi yang tidak terkendali.

Selain risiko pada tahap pengembangan proyek PLTS, ada kemungkinan bahwa risiko terbesar terletak pada isu-isu lain seperti persyaratan interkoneksi distribusi (jika akan diusulkan untuk tersambung ke jaringan PLN), isu lingkungan, perizinan, atau konflik dengan masyarakat setempat.

Tabel berikut menyajikan potensi risiko dan contoh strategi mitigasi untuk pengembangan proyek PLTS terpusat.

Faktor	Risiko	Contoh/Alternatif Mitigasi
TEKNIS		
Geoteknikal	Tanah berbatu, stabili-tas tanah tidak me-madai, hambatan da-lam tanah.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lakukan kajian awal berupa analisis desktop dan awal geoteknik. Jika hasil analisis memuaskan dan dapat diterima, minta kontraktor investigasi tanah untuk melakukan pemeriksaan dan merancang fondasi yang sesuai.</li> </ul>
Kinerja Panel/Sistem	Kinerja yang rendah karena desain kondisi yang ada	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lakukan kajian potensi dengan menggunakan data yang berkualitas.</li> <li>Lakukan pembelian panel berkualitas tinggi dari pemasok yang mempunyai rekam jejak terhadap produk yang mempunyai kualitas kinerja yang tinggi.</li> <li>Lakukan perawatan secara rutin.</li> <li>Periksa ulang perhitungan rugi-rugi listrik dalam desain sebelum pemodelan sistem.</li> </ul>

Faktor	Risiko	Contoh/Alternatif Mitigasi
Implementasi Garansi Panel	Kinerja panel rendah atau panel tidak berfungsi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lakukan kontrol kualitas yang ketat saat instalasi.</li> <li>Laksanakan kontrak garansi yang komprehensif dengan vendor yang mencakup biaya tambahan yang terkait dengan perbaikan dan penggantian panel (tidak hanya biaya baru panel).</li> </ul>
Peralatan Inverter dan Kesetimbangan Listrik	Kerusakan, penggantian dan kinerja yang rendah	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lakukan pembelian/pengadaan dari perusahaan yang terbaik di kelasnya (cek portofolio).</li> <li>Lakukan perpanjangan garansi jika dapat menghemat biaya, atau rencanakan penggantian inverter.</li> <li>Terapkan kontrak dengan perusahaan yang melaksanakan pengoperasian dan pemeliharaan yang disetujui oleh pemasok.</li> <li>Secara teratur lakukan pemantauan kinerja inverter baik ketika inspeksi maupun jarak jauh.</li> </ul>
Interkoneksi di masa depan	Diperlukan standar interkoneksi, transmisi dan peningkatan sistem oleh PLN listrik sehingga perlu investasi/dana untuk perbaikan sistem	<ul style="list-style-type: none"> <li>Terlibat sejak awal bersama dengan PLN dan identifikasi potensi biaya yang mungkin timbul.</li> <li>Terapkan model pembiayaan yang konservatif serta wajar ketika data tersedia.</li> </ul>
SOSIAL		
Keamanan	Pencurian atau kerusakan karena keamanan yang kurang	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pasang pagar pengaman disekeliling area pembangkit.</li> <li>Instalasi pemantauan dengan kamera CCTV.</li> <li>Implementasikan sistem pemantauan yang real-time pada tingkat yang paling rendah (yang dapat mendeteksi adanya anomali pada sistem).</li> </ul>
Pendapatan/ Kredit	Akuntansi untuk listrik yang dihasilkan dan hasil iuran dari masyarakat tidak menutup dana operasional	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melakukan sosialisasi sejak awal kepada masyarakat.</li> <li>Melakukan penentuan tariff secara hati-hati dan libatkan masyarakat dalam prosesnya.</li> <li>Arahkan suplai listrik untuk mendukung kegiatan ekonomi produktif masyarakat.</li> </ul>
Tenaga kerja	Konflik tenaga kerja dengan masyarakat lokal yang menyebabkan tertundanya pelaksanaan, dan penolakan masyarakat sebagai penerima manfaat	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pelibatan masyarakat dan sosialisasi sejak sebelum pelaksanaan instalasi/konstruksi.</li> <li>Penyertaan perwakilan warga lokal dalam proses konstruksi, sebagai salah satu proses peningkatan kapasitas dan penyiapan operator local.</li> </ul>

Faktor	Risiko	Contoh/Alternatif Mitigasi
LINGKUNGAN		
Akses/Infrastruktur	Seringkali mengalami keterlambatan dari jadwal yang direncanakan, salah satunya akibat sulitnya akses menuju lokasi/situs	<ul style="list-style-type: none"> <li>Memastikan aksesibilitas ke lokasi proyek tergambaran secara detail dalam studi kelayakan yang dilakukan sehingga alokasi dana dan penyusunan jadwal pelaksanaan sesuai dengan kondisi di lapangan</li> </ul>
Musim	Pelaksanaan konstruksi terhambat oleh musim hujan, sehingga pembangunan terhambat	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perhatikan musim di lokasi pembangunan saat menyusun rencana/timeline pembangunan PLTS</li> </ul>
Tanaman liar yang menghalangi	Rumput dan tanaman yang tumbuh di sekitar lokasi akan menghalangi sistem dan dapat mengganggu kinerja sistem	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pelatihan atau peningkatan kapasitas pengelola/operator harus mencakup pemeliharaan lanskap secara rutin.</li> <li>Tanaman dapat tumbuh disekitar lokasi dalam batas normal.</li> </ul>
Beban angin pada struktur dan peralatan	Daerah yang berangin kencang dan badi dapat merusak panel dan peralatan	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rancangan fondasi harus mempertimbangkan pengaruh angin dalam kriteria desainnya.</li> <li>Struktur pendukung yang dirancang oleh pemasok harus dapat dijamin oleh pemasok.</li> </ul>
Kualitas PLTS Off-grid yang dibangun	Kualitas PLTS Off-grid yang dibangun tidak sesuai yang diharapkan karena keterbatasan pengawasan oleh pemberi kerja	<ul style="list-style-type: none"> <li>Memastikan pemilihan kontraktor pelaksana instalasi melalui tender dengan objektif dan berbasis portofolio</li> <li>Memastikan pengawasan konstruksi yang memadai, salah satunya melalui tender pengawas konstruksi, diluar tender konstruksi PLTS itu sendiri</li> </ul>
Limbah B3	Sistem PLTS Off-grid dengan menggunakan baterai menuntut pengelolaan yang terencana terkait baterei/inverter yang sudah tidak terpakai	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sejak penyusunan dokumen lingkungan (UKL/UPL atau SPPL) perlu diidentifikasi hal-hal terkait penyimpanan, pengumpulan, pengangkutan, pemanfaatan, pengolahan, penimbunan, dan pembuangan limbah B3 (Permen LH No.101/2014)</li> <li>Dapat bekerja sama dengan Perusahaan Pengelola atau Pihak Ketiga Pengelola Limbah B3 Yang Memiliki Izin Dari Kementerian Lingkungan Hidup<sup>18</sup></li> </ul>

<sup>18)</sup> Daftar perusahaan pengelolaan limbah B3 dapat dilihat pada laman website Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan: <http://b3.menlh.go.id/>

# LAMPIRAN D

## FORMULIR SURVEI A – KEBUTUHAN LISTRIK

### Formulir Survey Kelayakan D: Informasi Kebutuhan Listrik

**Tujuan:**

Untuk mengumpulkan data kebutuhan listrik masyarakat desa/dusun terpilih yang akan disuplai melalui PLTS terpusat off-grid.

**Kegiatan di Lapangan:**

- Mengumpulkan data dari pemerintah dan organisasi masyarakat lokal
- Melengkapi 'profil desa' dari kantor desa
- Wawancara dengan stakeholder lokal
- Pengambilan foto sebagai gambaran penyebarluasan target penerima manfaat

**Daftar Isi**

1 Umum .....	2
2 Data demografis dan sosio-ekonomi.....	4
3 Fasilitas Umum dan Sosial .....	9
4 Kebutuhan listrik.....	11

**1 Umum**

Nama Lokasi: \_\_\_\_\_

Tanggal kunjungan: \_\_\_\_\_

**1.1 Lokasi pusat permukiman**

Nama dusun: \_\_\_\_\_

Nama desa/kelurahan: \_\_\_\_\_

Koordinat (sesuai GPS)

Bujur ( T  B): \_\_\_\_\_ Lintang ( U  S): \_\_\_\_\_

Kecamatan: \_\_\_\_\_

Kabupaten: \_\_\_\_\_

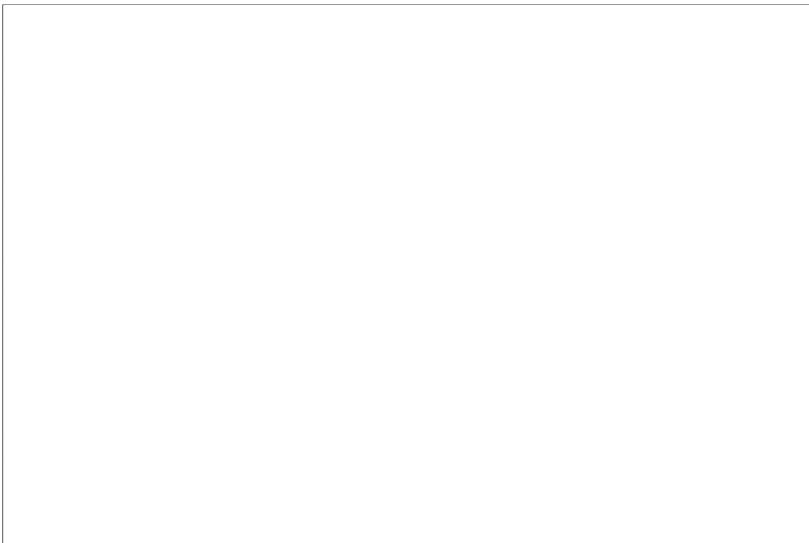
Provinsi: \_\_\_\_\_

**1.2 Penduduk lokal untuk dihubungi**

*Nama penting dan alamat lengkap penduduk lokal (tokoh masyarakat) yang memberikan informasi dalam survey*

Nama	Data Lengkap (Jabatan, Alamat, Tel/Fax, Email, dll.)

**1.3 Sketsa Peta Desa**



**2 Data demografis dan sosio-ekonomi**

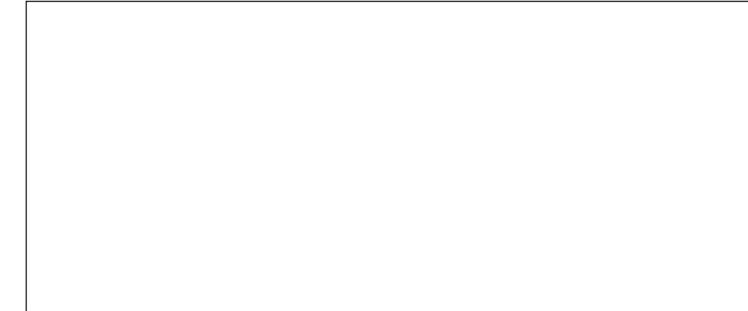
Jumlah total KK di tingkat desa = \_\_\_\_\_ KK

Jumlah KK calon konsumen = \_\_\_\_\_ KK

Ukuran rata-rata rumah tangga = \_\_\_\_\_ orang per KK

Rata-rata luas rumah per KK = \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

Gambarkan rata-rata kondisi struktur dan material bangunan rumah:



2.1 Nama calon konsumen/penerima manfaat PLTS

No	Nama Kepala Keluarga	No. KTP/ No. KK	Koordinat		Alamat Rumah	Keterangan tambahan mengenai:
			Bujur	Lintang		
1						<input type="checkbox"/> Ada listrik <del>diesel</del> Watt <input type="checkbox"/> Belum
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						

Formulir A - Hal 5 dari 13

No	Nama Kepala Keluarga	No. KTP/ No. KK	Koordinat		Alamat Rumah	Keterangan tambahan mengenai:
			Bujur	Lintang		
14						<input type="checkbox"/> Ada listrik <del>diesel</del> Watt <input type="checkbox"/> Belum
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
Dst.						

Formulir A - Hal 6 dari 13

## **2.2 Pekerjaan dan sumber penghasilan**

Jenis pekerjaan / Sumber penghasilan	Jml KK	Pola pendapatan <sup>1</sup>	Keterangan
<b>Saat ini</b>			
Petani			
Buruh Tani			
Pensiunan militer			
Usaha pribadi / dagang			
Buruh			
Rentenir			
Pengrajin keramik			
Tukang kayu			
Dst.			
<b>Potensi Pengembangan</b>			
Warung/Toko			
Bengkel			
Produksi makanan olahan			
Dst.			
<b>Total</b>			

## 2.3 Kalendar musim

Dalam bentuk aktivitas seperti apa komunitas masyarakat terlibat selama setahun (aktivitas musiman seperti musim panen)?

<sup>1</sup> H = perhari, M = per minggu, B = perbulan, MU = berdasarkan musim (c/: setelah panen, dll.), T = pertahun

### 3 Fasilitas Umum dan Sosial

Jenis Fasum/Fasos	Ada	Tidak	Alat listrik yang digunakan	Daya listrik (W)	Waktu & lama pemakaian (per-hari)
PJU			Lampu		
Pompa air			Pompa air		
Balai Desa			Komputer Lampu Dispenser		
Sekolah			Lampu Komputer Perlengkapan lab		
Posyandu/ Puskesmas			Lampu Kulkas Alat kesehatan		
Pusat hiburan (mis. TV bersama, dll)			Lampu TV Radio		
Rumah Peribadatan			Lampu Pengeras Suara		
Pasar			Lampu Alat elektronik		
Dst.					

#### 3.1 Penerangan Jalan Umum (PJU)

PJU ke-	Nama Jalan	Koordinat	Keterangan (jarak antar titik lampu)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
Dst.			

Formulir A - Hal 9 dari 13

#### 3.2 PLTS tersebar untuk Fasilitas Umum dan Sosial

Apakah terdapat fasilitas umum dan sosial yang direkomendasikan untuk menggunakan tenaga surya individual, tidak bersumber pada PLTS terpusat, dengan pertimbangan keekonomian kabel distribusi?

Ada (isi tabel di bawah ini)  Tidak

Jenis Fasum/Fasos	Koordinat	Daya listrik (W)	Keterangan/justifikasi
PJU	(lihat tabel sebelumnya)*		Jarak PJU terjauh sangat jauh dari lokasi PLTS terpusat*
Pompa Air			Lebih efisien dan memudahkan perawatan*
Sekolah			
...			
...			
Dst.			

\*contoh pengisian

Formulir A - Hal 10 dari 13

#### 4 Sektor Ekonomi Produktif

Jenis kegiatan ekonomi produktif masyarakat **baik yang ada saat ini maupun potensi pengembangan** yang berada di luar lokasi perumahan (penyambungan khusus untuk kegiatan ekonomi di luar produksi rumah tangga) dicatat dalam tabel ini.

No	Jenis (daftar usaha)	Ukuran (pegawai)	Durasi Operasional	Sumber / jenis energi	Permintaan Energi	Saat ini		Potensi	
						Pengeluaran perbulan untuk energi (Rp)	Akan menggunakan input energi listrik?	Kebutuhan (kW)	Perluasan Usaha
1							Ya / Tidak		
2							Ya / Tidak		
3							Ya / Tidak		
4							Ya / Tidak		
5							Ya / Tidak		
6							Ya / Tidak		

Jumlah pegawai:

Jumlah kebutuhan untuk  
Usaha Produktif:

Usulan pengembangan Usaha Produktif (gambaran singkat untuk dinput dalam Sinergi Desa) – sebutkan jenis alat listrik yang diperlukan.

Formulir A - Hal 11 dari 13

#### 5 Kebutuhan listrik

##### 5.1 Jaringan PLN

Lokasi titik (koordinat) jaringan PLN terdekat: \_\_\_\_\_

Jarak dari pusat permukiman calon konsumen: \_\_\_ km

Adakah rencana PLN untuk memperpanjang jaringan menuju lokasi dalam waktu 5 tahun mendatang?

Ada       Tidak

##### 5.2 Perkiraan Kebutuhan Listrik

###### 5.2.1 Tipe sambungan KK yang diharapkan

(a) Tipe atau jenis

- Tarif Lump-sum disesuaikan dengan kapasitas pembatas beban per rumah
- Meter dihitung per kWh
- (b) Pemasangan instalasi listrik konsumen
- Pemasangan per rumah
- Pemasangan berkelompok (beberapa rumah tersambung melalui 1 MCB)

###### 5.2.2 Kebutuhan Listrik

Catatan:

1. Gunakan file excel yang menjadi bagian dari Buku Panduan ini untuk memudahkan perhitungan.
2. Kebutuhan listrik untuk fasum/fasos yang masuk dalam **kategori 3.2 tidak perlu dijumlahkan** dalam table ini.

No	Jenis Peralatan/ Beban	Jumlah	Daya Listrik (Watt)	Operasi per Hari (jam)		Konsumsi Energi per Hari (Wh)
				Siang	Malam	
(0)	(1)	(2)	(3)	(4) = (1) X ((2)+(3))		

###### RUMAH (rata-rata)

Penerangan

Peralatan audio video

Peralatan komunikasi

Peralatan dapur

###### FASUM - FASOS

1 Sekolah

2 Puskesmas

3 Kantor Desa

4 Pompa air

Formulir A - Hal 12 dari 13

# LAMPIRAN E

## FORMULIR SURVEI B – ASPEK TEKNIS

No	Jenis Peralatan/ Beban	Jumlah	Daya Listrik (Watt)	Operasi per Hari (jam)	Konsumsi Energi per Hari (Wh)
				Siang	Malam
		(0)	(1)	(2)	(3)
(4) = (1) X ((2)+(3))					

5 PJU (penerangan jalan umum)

6 Dst...

### EKONOMI LOKAL

1 Cold storage<sup>2</sup>/mesin pendingin

2 Mesin giling

3 Peralatan perkantoran (printer, fotocopy, dll)

4 Dst...

Jam-jam puncak konsumsi domestik biasanya terjadi pada sore hari (6 sore sampai 8 pagi)

Keterangan (komentar pada permintaan yang tidak bisa ditangani apabila pembatas beban seperti MCB terpasang, dsb.):

- Apakah Fasum/Fasos melebihi pemakaian konsumen rumah tangga?  Ya  Tidak
- Kebutuhan listrik sangat besar sehingga membutuhkan PLTS dengan kapasitas lebih besar?  Ya  Tidak
- Permintaan penambahan kapasitas pembangkit (akibat kebutuhan listrik yang melebihi kapasitas): P = \_\_\_\_\_ kW

<sup>2</sup> untuk cold storage, perlu diperhatikan bahwa beban operasi bergantung pada volume yang disimpan.

### Formulir Survey Kelayakan E: Informasi Aspek Teknis

#### Tujuan

Untuk mengumpulkan data sesuai kebutuhan analisis kelayakan lokasi dari aspek teknis.

#### Kebutuhan di Lapangan

- Wawancara dengan stakeholder lokal
- Observasi lahan/lokasi pemasangan PLTS
- Observasi rute dan moda transportasi dari/menuju lokasi PLTS
- Pengukuran GPS untuk jaringan

#### Data Eksternal yang dibutuhkan

- Peta Topografis (skala 1:50 000 atau lebih kecil) dari lokasi PLTS
- Data potensi radiasi matahari (dalam kWh/m<sup>2</sup>/day)

#### Daftar Isi

1	Umum.....	2
2	Detail Site/Lokasi Pemasangan PLTS .....	2
3	Transportasi dan infrastruktur .....	4
4	Deskripsi Lokasi Beban/Konsumen dari PLTS.....	6
5	Layout Umum.....	7

**1 Umum**

Nama lokasi (mengacu pada Form A): \_\_\_\_\_

Tanggal kunjungan \_\_\_\_\_

Luas Lahan: \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

Dimensi: \_\_\_\_\_

Kemiringan: \_\_\_\_\_ ° ke arah \_\_\_\_\_

Elevasi/ketinggian tanah: \_\_\_\_\_ m dpl

Pengaruh bayangan:  Ada (bila 'ada', jelaskan) Tidak
**2 Detail Site/Lokasi Pemasangan PLTS**

Koordinat Site/Lokasi PLTS:

Bujur ( T  B): \_\_\_\_\_ Lintang ( U  S): \_\_\_\_\_Potensi Sumber Daya Fotovoltaik: \_\_\_\_\_ kWh/m<sup>2</sup>/daySumber data:  Sekunder: \_\_\_\_\_  Primer, tahun: \_\_\_\_\_Status Lahan:  milik Pemerintah  milik adat  milik pribadi

Apakah lokasi tersebut saat ini digunakan untuk kepentingan pertanian/kegiatan produktif lainnya?

 Ya  Tidak

Kepemilikan saat ini dan prosedur yang dilaksanakan untuk pengambilan lahan:

Berikan spesifikasi lokasi dan ukuran lahan, pemilik, alamat yg bisa dihubungi, negosiasi awal, dll.:

Check List Foto Site/Lokasi:

- Site/Lokasi pemasangan PLTS dari arah Utara
- Site/Lokasi pemasangan PLTS dari arah Selatan
- Site/Lokasi pemasangan PLTS dari arah Timur
- Site/Lokasi pemasangan PLTS dari arah Barat
- Vegetasi di sekitar site/lokasi

**2.1 Karakteristik Lahan**

Bentuk lahan: persegi/persegi panjang/lainnya: \_\_\_\_\_

Formulir B - Hal 2 dari 7

**2.2 Karakteristik Tanah dan Struktur Batuan**Jenis Lahan:  Gambut  Basah  Kering

Struktur batuan:

Kerentanan tanah dalam jangka panjang:

**2.3 Karakteristik Cuaca dan Potensi Bencana di Sekitar Lokasi**

Suhu udara rata-rata: \_\_\_\_\_ °C

Kelembaban Relatif: \_\_\_\_\_ %

Rata-rata Curah Hujan: \_\_\_\_\_ mm/tahun

Kecepatan angin: \_\_\_\_\_ km/jam

Curah petir:  Rendah  Sedang  TinggiApakah ada potensi bencana banjir:  Ada (bila 'ada', jelaskan pengaruhnya)  Tidak

Formulir B - Hal 3 dari 7

Apakah ada potensi gempa bumi:  Ada (bila 'ada', jelaskan pengaruhnya)  Tidak

Apakah ada potensi longsor:  Ada (bila 'ada', jelaskan pengaruhnya)  Tidak

### 3 Transportasi dan infrastruktur

Keterangan (faktor-faktor utama yang membatasi, perbaikan jalan atau jalur yang direncanakan, yang perlu dipertimbangkan):

#### 3.1 Pilihan Moda Transportasi

		Dari:	Ke:	Jarak (km)	Waktu Tempuh (jam)	Moda Transportasi	Kondisi Jalan	Risiko Cuaca
Akses Personel								
Provinsi	Kab/Kota							
Kab/Kota	Kecamatan							
Kecamatan	Desa/Kel.							
Desa/Kel.	Lokasi PLTS							
Akses Barang								
Provinsi	Kab/Kota							
Kab/Kota	Kecamatan							
Kecamatan	Desa/Kel.							
Desa/Kel.	Lokasi PLTS							

**3.2 Kemampuan penyediaan bahan material**

- Kemungkinan untuk menyediakan pasir untuk bangunan semen dan materi kongkrit di lokasi:  Ya  Tidak
- Kemungkinan untuk menyediakan batu kali untuk dinding batu dan materi kongkrit:  Ya  Tidak

**4 Deskripsi Lokasi Beban/Konsumen dari PLTS**

Jarak beban terdekat dari PLTS: \_\_\_\_\_ km

Jarak beban terjauh dari PLTS: \_\_\_\_\_ km

Rata-rata jarak antar rumah/beban: \_\_\_\_\_ km

(koordinat tiap beban mengacu pada Form Survei A)

Jarak PLTS ke jaringan PLN yang ada: \_\_\_\_\_ km

Rekomendasi rancangan system PLTS:

- Sistem AC bus (*siap untuk penyambungan ke jaringan PLN*)  Sistem DC bus

Check List Foto Calon Beban/Konsumen:

- Contoh rumah warga rata-rata
- Contoh rumah warga yang berbeda dari rata-rata
- Menggambarkan jarak antar rumah, dan posisi rumah dari jalan
- Semua jenis Fasum dan fasos yang ada (jelas bentuk bangunan, atap, dan dinding)
- Semua jenis kegiatan ekonomi yang ada

**5 Layout Umum**

Gambarkan sebuah sketsa dari PLTS yang diajukan dengan menyertakan perkiraan dimensi lokasi yang ada. Kemudian tambahkan fotokopi peta topografi yang diperbesar untuk memberikan indikasi konfigurasi cluster/pengelompokan beban, lokasi pedesaan, akses jalanan serta jalur penghubung. Berilah tanda pada gambar untuk menunjukkan rencana jalur mobilisasi peralatan, serta gambaran sistem distribusinya.

Layout Dasar (Gambaran rencana)

# LAMPIRAN F

## FORMULIR SURVEI C – KELEMBAGAAN, SOSBUD

### Formulir Survey Kelayakan F: Informasi Kelembagaan dan Sosial Budaya

**Tujuan:**

Untuk mengumpulkan data kelembagaan dan sosial budaya masyarakat yang dapat menjadi potensi atau tantangan dalam pengembangan PLTS terpusat off-grid.

**Kegiatan di Lapangan:**

- Mengumpulkan data dari pemerintah dan organisasi masyarakat lokal
- Melengkapi 'profil desa' dari kantor desa
- Wawancara dengan stakeholder local

**Daftar Isi**

1 Umum .....	2
2 Data Kelembagaan Desa .....	3
3 Data Sosial Budaya .....	6
4 Kemampuan dan Kemauan Membayar Listrik.....	7
5 Potensi Risiko Kelembagaan dan Sosial Budaya.....	8

**1 Umum**

Nama Lokasi: \_\_\_\_\_

Tanggal kunjungan: \_\_\_\_\_

**1.1 Lokasi pusat permukiman**

Nama dusun: \_\_\_\_\_

Nama desa/kelurahan: \_\_\_\_\_

Koordinat (sesuai GPS)

Bujur ( T  B): \_\_\_\_\_ Lintang ( U  S): \_\_\_\_\_

Kecamatan: \_\_\_\_\_

Kabupaten: \_\_\_\_\_

Provinsi: \_\_\_\_\_

**1.2 Penduduk lokal untuk dihubungi terkait Kelembagaan Masyarakat**

Nama penting dan alamat lengkap penduduk lokal (tokoh masyarakat) yang memberikan informasi dalam survey

Nama	Data Lengkap (Jabatan, Alamat, Tel/Fax, Email, dll.)

Formulir A - Hal 2 dari 8

Formulir A - Hal 1 dari 8

## 2 Data Kelembagaan Desa

**Apakah sudah ada lembaga desa yang berbadan hukum?:**

Ada (bila 'ada', jawab pertanyaan lanjutan)  Tidak

Nama Lembaga: \_\_\_\_\_

Apakah pernah mengelola PLTS sebelumnya?  Ya  Tidak

Apakah memiliki pencatatan keuangan yang baik?  Ya  Tidak

Berapakah jumlah pegawai saat ini: \_\_\_\_\_ orang

Adakah pegawai dengan latar pendidikan teknis?  Ya  Tidak

Bagaimana struktur organisasi Lembaga saat ini:

Apa sajakah bidang usahanya saat ini:

Note: Jika ada beberapa lembaga, silahkan menambahkan informasi serupa di bawah ini.

**Apakah sudah ada lembaga desa walaupun belum berbadan hukum?:**

Ada (bila 'ada', jawab pertanyaan lanjutan)  Tidak

Nama Lembaga: \_\_\_\_\_

Apakah pernah mengelola PLTS sebelumnya?  Ya  Tidak

Apakah memiliki pencatatan keuangan yang baik?  Ya  Tidak

Berapakah Jumlah pegawai saat ini: \_\_\_\_\_ orang

Adakah pegawai dengan latar pendidikan teknis?  Ya  Tidak

Bagaimana struktur organisasi Lembaga saat ini:

Apa sajakah bidang usahanya saat ini:

**Apakah ada potensi pembentukan lembaga baru sebagai pengelola/operator PLTS?**

Ada (bila 'ada', jelaskan)  Tidak (bila 'tidak ada', jelaskan)

Penjelasan terkait komitmen, keberadaan SDM, serta dukungan pemerintah/tokoh masyarakat.

**Lembaga manakah yang diusulkan/direkomendasikan (bisa usulan tokoh masyarakat/hasil kesepakatan desa) sebagai pengelola/operator PLTS?**

Nama Lembaga: \_\_\_\_\_

Bentukan Baru/Sudah Ada  Baru  Sudah ada

Rencana jumlah pegawai: \_\_\_\_\_ orang

Rencana struktur organisasi Lembaga:

### 3 Data Sosial Budaya

#### 3.1 Komposisi etnis/suku

Nama Kelompok Etnis/Suku	Jumlah KK	% dari total

Pernahkah ada konflik antar etnis/suku?:  Pernah (bila 'ya', jelaskan)  Tidak

#### 3.2 Komposisi gender

Detail informasi kependudukan	Jumlah	% dari total
Penduduk berjenis kelamin perempuan		
Penduduk perempuan berpenghasilan (nilai prosentasi dari jumlah total perempuan)		
Pengurus desa perempuan		
Lainnya: (jika ada hal lain terkait gender yang ditemukan di lapangan)		

Sebagian besar penduduk perempuan bekerja sebagai:

- Ibu rumah tangga
- Buruh tanah
- Usaha mandiri
- Guru/pengajar
- Lainnya \_\_\_\_\_

Deskripsikan pembagian tugas secara umum antara penduduk laki-laki dan perempuan:

Formulir A - Hal 6 dari 8

#### 4 Kemampuan dan Kemauan Membayar Listrik

Apakah ada penduduk yang sudah mempunyai akses listrik?  Ada, \_\_\_\_%  Belum ada

Jika ada, apakah sumber energi yang digunakan?

- SHS (Solar Home System)
- LTSHE (Lampu Tenaga Surya Hemat Energi)
- Diesel/genset
- Lainnya \_\_\_\_\_

Jika ada, berapa biaya energi yang dikeluarkan tiap bulannya?

- < Rp. 50.000
- Rp. 50.000 – Rp. 100.000
- Rp. 100.000 – Rp. 200.000
- > Rp. 200.000

Berapa rata-rata pendapatan penduduk?

Kisaran terendah: Rp. \_\_\_\_\_  
Kisaran tertinggi: Rp. \_\_\_\_\_

Berapa kesediaan penduduk membayar listrik dari PLTS jika sudah tersambung?

Rp. \_\_\_\_\_ (*berdasarkan wawancara*)

Apakah terdapat keberatan dari Penduduk untuk membayar listrik PLTS?  Ada  Tidak

Jika ada, mengapa?:

- Listrik bukan merupakan kebutuhan pokok
- Listrik seharusnya gratis dari Pemerintah
- Tidak mampu membayar, karena pendapatan kecil
- Lainnya: \_\_\_\_\_

#### 5 Potensi Risiko Kelembagaan dan Sosial Budaya

Apakah terdapat keberatan/protes dari masyarakat terkait rencana Pembangunan PLTS?

- Ada
- Tidak

Berikan catatan potensi risiko yang mungkin ada saat proses pembangunan PLTS:

(terhadap laki-laki, perempuan, anak-anak). Misalnya pembangkit berpotensi menutup akses air bersih, akses jalan; adanya pekerja dari luar desa yang akan membawa kebiasaan yang berbeda dengan masyarakat setempat, dll)

# LAMPIRAN G

## FORMULIR SURVEI D – LINGKUNGAN HIDUP

### Formulir Survey Kelayakan G: Informasi Aspek Lingkungan Hidup

**Tujuan:**

Untuk mengumpulkan data dan informasi potensi dampak lingkungan hidup dari keseluruhan proses pembangunan dan pengoperasian PLTS terpusat off-grid.

**Kegiatan di Lapangan:**

- Mengumpulkan informasi melalui observasi lapangan
- Mengumpulkan informasi melalui diskusi dengan pemerintah dan organisasi masyarakat lokal
- Menganalisa dan menghitung dampak atau kontribusi lingkungan dari data dan rancangan teknis PLTS

**Daftar Isi**

1 Umum .....	2
2 Potensi Risiko Lingkungan Hidup .....	3
3 Kontribusi Pengurangan Gas Emisi Rumah Kaca .....	4
4 Pengelolaan Limbah B3 .....	5

**1 Umum**

Nama Lokasi: \_\_\_\_\_

Tanggal kunjungan: \_\_\_\_\_

**1.1 Lokasi pusat permukiman**

Nama dusun: \_\_\_\_\_

Nama desa/kelurahan: \_\_\_\_\_

Koordinat (sesuai GPS)

Bujur ( T  B): \_\_\_\_\_ Lintang ( U  S): \_\_\_\_\_

Kecamatan: \_\_\_\_\_

Kabupaten: \_\_\_\_\_

Provinsi: \_\_\_\_\_

**1.2 Penduduk lokal untuk dihubungi terkait Aspek Lingkungan Hidup**

*Nama penting dan alamat lengkap penduduk lokal (tokoh masyarakat) yang memberikan informasi dalam survey*

Nama	Data Lengkap (Jabatan, Alamat, Tel/Fax, Email, dll.)

Formulir A - Hal 2 dari 6

Formulir A - Hal 1 dari 6

## 2 Potensi Risiko Lingkungan Hidup

Apakah lokasi/site PLTS sesuai dengan peruntukannya dalam Rencana Tata Ruang?

Ya

Tidak, peruntukan sesuai Rencana Tata Ruang adalah: \_\_\_\_\_

Jika tidak, berikan catatan alternatif lokasi yang ada:

Apakah lokasi/site PLTS terletak di atau berbatasan dengan kawasan konservasi?

Ya       Tidak

Apakah akses menuju ke lokasi/site PLTS melalui atau berbatasan dengan kawasan konservasi?

Ya       Tidak

Apakah kondisi site/infrastruktur sudah mendukung untuk proses mobilisasi dan konstruksi?

Ya       Tidak (jika tidak, berikan penjelasan rekayasa yang harus dilakukan)

Kebutuhan rekayasa infrastruktur:

(misalnya perlu pelebaran jalan, perlu upaya pemotongan bukit, pengurukan, penutupan rawa, dll)

Dokumen Lingkungan apakah yang perlu dipersiapkan sebagai syarat pengajuan pembangunan PLTS?

AMDAL       UKL/UPL       SPPL

## 3 Kontribusi Pengurangan Gas Emisi Rumah Kaca

Daya PLTS yang akan dibangun: \_\_\_\_\_ kW

Waktu beroperasi PLTS: \_\_\_\_\_ jam

Berdasarkan Buku Pedoman Umum, Petunjuk Teknis dan Manual Perhitungan Pemantauan, Evaluasi dan Pelaporan (PEP) Pelaksanaan RAN dan RAD GRK oleh Bappenas, Oktober 2015, formula perhitungan terkait pengurangan gas emisi rumah kaca sebagai berikut:

**Kontribusi Penurunan Emisi** dapat dihitung dengan rumus =  
**Data Aktivitas x Faktor Emisi** (lihat tabel faktor emisi)

= \_\_\_\_\_ kWh x \_\_\_\_\_

= \_\_\_\_\_

**Data Aktivitas** untuk aksi pembangunan energi terbarukan **off-grid** =  
**Daya Terpasang x Jumlah Jam Operasional dalam 1 tahun**

= \_\_\_\_\_ kW x \_\_\_\_\_ jam

= \_\_\_\_\_ kWh

Tabel Faktor Emisi

Jenis Sumber Bahan Bakar/ Sistem Ketenagalistrikan	Faktor Emisi
Kayu Bakar	1,75 kg CO <sub>2</sub> /kg kayu bakar
Gas LPG	2,98 kg CO <sub>2</sub> /kg LPG
Minyak Tanah	2,58 kg CO <sub>2</sub> /liter minyak tanah
Diesel	2,2 kg CO <sub>2</sub> /liter minyak
Jawa-Madura-Bali	0,725 kg CO <sub>2</sub> /kWh
Sumatera	0,743 kg CO <sub>2</sub> /kWh
Kaltim	0,742 kg CO <sub>2</sub> /kWh
Kalbar	0,775 kg CO <sub>2</sub> /kWh
Kalteng dan Kalsel	1,273 kg CO <sub>2</sub> /kWh
Sulut, Sulteng, dan Gorontalo	0,161 kg CO <sub>2</sub> /kWh
Sulsel, Sulbar, dan Sultra	0,269 kg CO <sub>2</sub> /kWh

Sumber: Petunjuk Teknis Pemantauan, Evaluasi, dan Pelaporan (PEP) Pelaksanaan RAD-GRK

#### 4 Pengelolaan Limbah B3

(survey ini diisi berdasarkan rancangan teknis sistem PLTS yang sudah dihitung)

##### 4.1 Baterai

Berapa tahun sekali rencana penggantian baterai unit PLTS yang akan dibangun?

- 3 tahun sekali
- 5 tahun sekali
- Lainnya: \_\_\_\_\_

Berapa banyak unit baterai yang akan menjadi limbah B3 setiap waktu penggantian baterai?

Jumlah baterai: \_\_\_\_\_ unit  
Spesifikasi baterai: \_\_\_\_\_ Vdc; \_\_\_\_\_ Ampere Hour (AH);DOD: \_\_\_\_\_ %

Jelaskan gambaran rencana pengelolaan limbah B3 (baterai):

Perkiraan biaya pengelolaan limbah B3 (baterai): Rp. \_\_\_\_\_

Jelaskan asumsi perhitungan biaya:

##### 4.2 Inverter

Berapa tahun sekali rencana penggantian inverter unit PLTS yang akan dibangun?

- 10 tahun sekali
- Lainnya: \_\_\_\_\_

Berapa banyak unit inverter yang akan menjadi limbah B3 setiap waktu penggantian baterai?

Jumlah inverter: \_\_\_\_\_ unit

Tipe/jenis inverter: \_\_\_\_\_

Kapasitas inverter: \_\_\_\_\_ Watt

Jelaskan gambaran rencana pengelolaan limbah B3 (inverter):

Perkiraan biaya pengelolaan limbah B3 (inverter): Rp. \_\_\_\_\_

Jelaskan asumsi perhitungan biaya tersebut:



**ICED – Indonesia Clean Energy Development II**  
**Menara Jamsostek North Tower, 14th Floor**  
**Jl. Gatot Subroto No. 38 | Jakarta 12710 INDONESIA**  
**Tel: 021 5296 2325 | Fax: 5296 2326**