



UNIVERSITAS GADJAH MADA
PUSAT STUDI EKONOMI KERAKYATAN

Prinsip-prinsip Asesmen, Riset, dan Analisis Potensi Pasar Energi Terbarukan sebagai Proses Mitigasi Perubahan Iklim bagi Koperasi Hijau di Indonesia



Prinsip-prinsip Asesmen, Riset, dan Analisis Potensi Pasar Energi Terbarukan Sebagai Proses Mitigasi Perubahan Iklim Bagi Koperasi Hijau di Indonesia

"Modul ini merupakan bagian dari program Koperasi Hijau (Green Cooperative) kerjasama Yayasan Rumah Energi dan Pusat Studi Ekonomi Kerakyatan UGM atas kolaborasi bersama Kementerian Koperasi Republik Indonesia yang didukung oleh Climate Works Foundation"



Penerbit
Perkumpulan Transformasi Cita Infrastruktur

TIM PENYUSUN

Tim Pusat Studi Ekonomi Kerakyatan UGM

Ahmad Rahma Wardhana

Achmad Fadloli Mubarak

Istianto Ari Wibowo

Mohammad Genta Mahardhika

Rachmawan Budiarto

Rajib Khafif Arruzzi

Rindu Sanubari Mashita Firdaus

Ryan Ariyanto

Seprina Hasan Effendi

TIM PENYUNTING

Tim Program Koperasi Hijau Yayasan Rumah Energi

Sumanda Tondang

Bren Wiratsongko

Danti Wulan Manunggal

Jenni Irene

Sakinah Salma Zahirah

TATA LETAK & PERANCANG SAMPUL

Ryan Ariyanto & Putri Nurwanti

YAYASAN RUMAH ENERGI



Tanjung Barat Indah, Jl. Teratai VIII No.2 Blok L, RT.4/RW.2, Tanjung Barat, Jagakarsa, Jakarta Selatan, 1253



@rumahenergi.org



www.rumahenergi.org

Penerbit : Perkumpulan Transformasi Cita Infrastruktur

Alamat : Emerald Avenue Commercial Park EA/A-27, RT/RW 003/07, Tangerang Selatan

Edisi : Pertama, 2025

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penulis.

KATA PENGANTAR

Koperasi di Indonesia sebagai sebuah lembaga keuangan, pendidikan dan sosial di tingkat tapak telah relatif maju dalam hal integrasi sosial, dan kelayakan ekonomi melalui dukungan untuk beragam kebutuhan pengembangan kebutuhan domestik/usaha masyarakat skala kecil. Namun Koperasi di Indonesia belum dimaksimalkan potensinya untuk terlibat dalam pembiayaan adaptif iklim, baik dari kegiatan mitigasi maupun adaptasi. Peran koperasi sebagai salah satu agen perubahan di masyarakat dalam ranah keuangan dan ekonomi hijau yang berkelanjutan **belum** menjadi perhatian para pemangku kebijakan terkait, padahal peran koperasi sebagai salah satu pilar ekonomi **sangat selaras** dengan target RPJMN 2025-2029, target Ekonomi Hijau, dan visi Indonesia Emas 2045. Hal tersebut dapat terlihat dari tidak adanya peta jalan, produk kebijakan, aturan dan proses pendampingan yang memayungi peran koperasi di dalam pengembangan kelembagaan serta akses ke *Climate Adaptation Financing*. Berdasarkan data dari Kementerian Koperasi (dan UKM) tahun 2020, koperasi turut berperan dalam pencapaian PDB Nasional sebesar 6,20%, dengan nilai total asset IDR221,991.03 milyar dan nilai total volume bisnis mencapai IDR174,033.95 milyar pada tahun 2020. Dan dari 127.846 koperasi aktif di Indonesia (BPS, 2021), baru 0,12% yang gerakan usahanya terkait pada upaya mitigasi dan adaptasi perubahan iklim khususnya pembiayaan energi terbarukan berbasis teknologi biogas/biomassa, panel surya, mikro-hidro atau pertanian ramah iklim.

Yayasan Rumah Energi (Rumah Energi) adalah sebuah Organisasi Masyarakat Sipil di Indonesia yang berfokus kepada Akses terhadap Energi Baru dan Terbarukan Berbasis Keterlibatan Masyarakat, Pertanian Ramah Lingkungan dan Inkubasi Bisnis Sosial yang sejalan dengan tujuan SDG 7, 13, 8, 6, 5, 2, 1, dan 17. Dalam implementasi kegiatan melalui Program BIRU (Biogas Rumah) dan Program Koperasi Hijau, Rumah Energi bermitra aktif dengan 152 Koperasi di seluruh Indonesia. Rumah Energi berkeyakinan bahwa koperasi mempunyai potensi besar sebagai agen perubahan di dalam proses pengurangan risiko dan adaptasi perubahan iklim di masa depan. Namun kami juga melihat bahwa koperasi-koperasi di Indonesia masih memerlukan peningkatan kapasitas kelembagaan dalam pemahaman *Environmental-Social-Governance* (ESG). Melalui proses tersebut, maka Lembaga Koperasi dapat didefinisikan siap bertransisi untuk menjadi sebuah **Koperasi Hijau** dan berperan aktif sebagai agen perubahan dengan mengimplementasikan kegiatan-kegiatan produktif bagi anggota dan lembaga dalam proses Adaptasi Perubahan Iklim.

Dalam mendukung peningkatan kapasitas Koperasi sesuai prinsip-prinsip ESG, pada tahun 2021 Rumah Energi menginisiasi sebuah **Program Koperasi Hijau (Green Cooperative)**. Secara konseptual, **Program Koperasi Hijau (Koperasi ESG)** merupakan evolusi signifikan bagi koperasi, menggesernya dari operasional *business as usual* menjadi entitas yang berorientasi pada tujuan keberlanjutan jangka panjang. Hal ini bertujuan untuk **mengoptimalkan peran** koperasi lokal di Indonesia sebagai agen perubahan dalam memobilisasi pendanaan iklim hingga ke anggota di tingkat akar rumput. Dalam 2 tahun terakhir, kami mendorong pengembangan Koperasi Hijau/Koperasi Tangguh Iklim melalui 2 inisiatif. Pertama, dengan menerbitkan “Analisis Kebijakan Pembiayaan Iklim Bagi Koperasi dalam Mendukung Program Mitigasi Perubahan Iklim di Indonesia”, dan “Pedoman Operasional Untuk Koperasi dalam Aksi Mitigasi Perubahan Iklim di Indonesia”. Kedua, dengan melaksanakan proyek percontohan untuk mengintegrasikan prinsip-prinsip Environmental-Social-Governance (ESG) serta prinsip-prinsip keuangan adaptif iklim ke dalam Tata Kelola Kelembagaan dan Model Bisnis di beberapa Koperasi Mitra terpilih. Kedua inisiatif tersebut mengkonfirmasi kebutuhan koperasi tentang Model Bisnis Ramah Lingkungan dan Mobilisasi Keuangan Iklim di dalam Tata Kelola Lembaga dan Usaha Koperasi terutama di kawasan pedesaan. Dan Koperasi ESG merupakan sebuah konsep pemberdayaan kelembagaan dan usaha koperasi di Indonesia yang dapat disinergikan dengan program-program pemberdayaan koperasi lainnya, contohnya Program Koperasi Desa/Kelurahan Merah Putih.

Sebagai bagian dari Program Koperasi Hijau, Rumah Energi berkolaborasi dengan Kementerian Koperasi Republik Indonesia melalui Proyek bertajuk Pengarusutamaan Kebijakan Koperasi Hijau (“*Green Cooperative Policy Readiness*”). Tujuan utama dari proyek ini adalah mengadvokasi Kementerian Koperasi dan Dinas Koperasi di tingkat regional agar dapat memiliki data dan kapasitas yang memadai dalam memasukkan prinsip-prinsip Koperasi ESG/Koperasi Hijau dan Mobilisasi Keuangan Iklim ke dalam Perencanaan Strategis Kementerian Koperasi periode tahun 2025 – 2029. Selain itu, diharapkan juga terjadi proses penerbitan perangkat peraturan dan kebijakan terkait lainnya. Melalui proyek ini, kami telah mengumpulkan dan menganalisa data kebutuhan kebijakan untuk implementasi lebih lanjut Koperasi ESG di Indonesia yang bersumber dari Dinas Koperasi tingkat Provinsi dan Kabupaten/Kota di 6 provinsi, 11 koperasi rekomendasi Dinas koperasi dan 2 perwakilan Asosiasi Koperasi. Data-data yang telah dikumpulkan menjadi salah satu bahan referensi di dalam pelaksanaan aktivitas-aktivitas lanjutan.

Untuk mendukung proses pembuatan aturan dan kebijakan pembinaan dan pendampingan Koperasi yang menerapkan prinsip-prinsip ESG di Indonesia sebagai salah satu keluaran proyek, kami bermitraberrmitra dengan Pusat Studi Kerakyatan Universitas Gadjah Mada (PUSEKRA UGM) dalam proses pembuatan dan penerbitan modul-modul Panduan Standar Pembinaan dan Pendampingan Koperasi Hijau. Dan modul-modul tersebut diharapkan dapat menjadi standar materi pelatihan bagi kelembagaan dan usaha Koperasi dalam proses transformasi menuju Koperasi Hijau oleh Kementerian Koperasi Republik Indonesia, Dinas Koperasi tingkat Provinsi, Rumah Energi dan pihak-pihak terkait lainnya. Hal tersebut karena transformasi koperasi di Indonesia menuju arah yang lebih berkelanjutan menuntut pemahaman baru terhadap tata kelola yang tidak hanya efisien, tetapi juga bertanggung jawab secara lingkungan, sosial, dan tata kelola. Dalam konteks ini, konsep **koperasi hijau** berbasis **pendekatan ESG** menjadi relevan dan mendesak untuk diimplementasikan, mengingat tantangan perubahan iklim, ketimpangan sosial, dan kebutuhan akan transparansi serta akuntabilitas dalam pengelolaan koperasi sebagai sebuah Lembaga Ekonomi Kerakyatan.

Hasil asesmen menunjukkan bahwa Indonesia memiliki potensi energi terbarukan yang sangat besar dan tersebar luas di berbagai wilayah, baik dalam bentuk energi surya, angin, air, maupun bioenergi. Namun hingga saat ini, pemanfaatannya masih jauh dari optimal. Di tengah krisis iklim global yang semakin nyata, upaya transisi energi bersih menjadi semakin mendesak. Salah satu aktor kunci yang berpotensi besar namun belum termobilisasi secara maksimal adalah koperasi—terutama koperasi yang berada di tingkat komunitas dan pedesaan.

Sebagai entitas ekonomi berbasis anggota yang mengakar kuat di masyarakat, **koperasi memiliki keunggulan dalam menjangkau dan merespon kebutuhan lokal**. Namun, untuk dapat memainkan peran strategis dalam mitigasi perubahan iklim melalui pengembangan energi terbarukan, koperasi memerlukan **pemahaman komprehensif mengenai potensi pasarnya**. Hal ini mencakup analisis kebutuhan (*demand*) dan ketersediaan sumber daya (*supply*). Oleh karena itu, **pemahaman prinsip-prinsip asesmen, riset, dan analisis potensi pasar energi terbarukan menjadi krusial** dalam proses transformasi menuju koperasi hijau.

Modul ini secara spesifik menguraikan berbagai teknik pengumpulan dan analisis data, meliputi: identifikasi k ebutuhan energi rumah tangga dan usaha

produktif, penghitungan konsumsi energi dan kapasitas bayar masyarakat, pengukuran potensi sumber energi (matahari, angin, air, dan bioenergi), serta pelibatan pemangku kepentingan teknologi lokal. Selain itu, modul ini **dilengkapi dengan prinsip-prinsip penyusunan proposal pembiayaan energi**, sehingga koperasi dapat merancang proyek energi terbarukan yang layak secara finansial, berdampak positif, dan berkelanjutan.

Harapannya, modul ini tidak hanya menjadi panduan teknis, tetapi juga inspirasi bagi koperasi untuk mengambil langkah konkret dalam mengatasi tantangan perubahan iklim dan ketahanan energi melalui pendekatan desentralisasi energi yang berbasis komunitas. Di tengah tantangan pembangunan berkelanjutan, koperasi dapat menjadi pilar utama dalam mewujudkan ekonomi hijau yang inklusif dan berkeadilan.

Kami menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan modul ini, serta kepada Kementerian Koperasi Republik Indonesia yang telah mendukung proyek Pengarusutamaan Kebijakan Koperasi Hijau. Kami juga membuka ruang seluas-luasnya untuk masukan dan perbaikan dari pengguna modul ini, demi penyempurnaan panduan di masa mendatang.

Semoga modul ini memberikan manfaat nyata dalam mendorong lahirnya koperasi hijau yang cerdas iklim, tangguh secara kelembagaan, dan berdampak bagi bumi dan generasi mendatang.

Tim Koperasi Hijau
Yayasan Rumah Energi
Jakarta, 2025

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAGIAN A: PENGANTAR TRAINING OF TRAINER	12
A.1. Tujuan dan Output Pelatihan ToT	12
A.2. Profil Peserta dan Kompetensi yang Diharapkan	12
A.3. Prinsip-prinsip Pelatihan Orang Dewasa	12
A.4. Peran dan Etika Seorang Trainer	12
BAGIAN B: KONTEN TEKNIS	13
B.1. Asesmen, Riset, Dan Analisis Pasar Energi Terbarukan	16
B.1.1. Perbedaan Daya Dan Energi Serta <i>Capacity Factor</i>	16
B.1.2. Asesmen Permintaan (<i>Demand</i>): Beban Dan Kemampuan Bayar	19
B.1.3. Asesmen Sumber Energi Terbarukan (<i>Supply</i>)	27
B.1.4. Asesmen Pemangku Kepentingan Teknologi	47
B.1.5. Teknik Penulisan Proposal Pembiayaan	52
BAGIAN C: PANDUAN REPLIKASI PELATIHAN	61
C.1. Panduan Menyusun Materi Latihan	61
C.2. Tips Fasilitasi Interaktif dan Inklusif	61
C.3. Manajemen Dinamika Peserta Pelatihan	61
C.4. Tools dan Media yang Dapat Digunakan	61
C.5. Evaluasi dan Refleksi Hasil Pelatihan	61

DAFTAR ISI

BAGIAN D: LAMPIRAN	62
D.1. Template Tabel untuk Menghitung Konsumsi Listrik	62
D.2. Template Tabel untuk Mencatat Kecepatan Aliran Air	63
D.3. Template Proposal Pembiayaan	64
Endnotes	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Deforestasi dan lubang tambang di produksi batu bara	2
Gambar 2. Proses pembangunan PLTS di Desa Rawasari, Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Jambi, pada 2018	3
Gambar 3. Proses pengangkutan komponen PLTS menggunakan perahu menuju lokasi yang terpencil di Jambi	4
Gambar 4. Proses pengangkutan komponen PLTS di lokasi terpencil di Solok Selatan, Sumatera Barat	4
Gambar 5. Perbedaan daya dan energi	6
Gambar 6. Ilustrasi capacity factor untuk pembangkit listrik tenaga air	7
Gambar 7. Pengangkutan manual komponen PLTS di lokasi terpencil di Solok Selatan, Sumatera Barat	15
Gambar 8. Teknisi energi terbarukan memasang PLTS atap di lokasi terpencil di Tanjung Jabung Timur, Jambi	15
Gambar 9. PLTS komunal di sebuah lahan. Rumah di sebelah kanan gambar adalah tempat bagi komponen PLTS seperti inverter, solar charge controller, dan baterai	17
Gambar 10. PLTS atap di sebuah rumah di Bali	17
Gambar 11. Pembangkit listrik tenaga angin di Bantul, Yogyakarta	18
Gambar 12. Pembangkit listrik tenaga angin skala besar di Sidenreng Rappang, Sulawesi Selatan, di mana satu kincir tingginya 80 meter dan berkapasitas 2,5 MW	19
Gambar 13. Jaring panjang apung untuk budidaya rumput laut (<i>Kappaphycus alvarezii</i>) di Sulawesi Selatan, Indonesia	20
Gambar 14. Ilustrasi skematik sistem energi hidroelektrik yang memanfaatkan debit air dan beda tinggi	21
Gambar 15. Ilustrasi sistem energi hidroelektrik dengan komponennya yang lebih kompleks	21

DAFTAR GAMBAR

Gambar 16. Alat pengukur kecepatan aliran air atau flowmeter	22
Gambar 17. Ilustrasi pengukuran kecepatan aliran air dengan metode apung	22
Gambar 18. Ilustrasi bentuk penampang sungai	25
Gambar 19. Pencatatan untuk perhitungan luas penampang sungai	25
Gambar 20. Ilustrasi instalasi biogas rumah	28
Gambar 21. Sistem digester biogas anaerob	29
Gambar 22. Jaring panjang apung untuk budidaya rumput laut (<i>Kappaphycus alvarezii</i>) di Sulawesi Selatan, Indonesia	31
Gambar 23. Pelet kayu yang dibuat dari biomassa berupa kayu	33
Gambar 24. Sekam padi yang dimanfaatkan untuk energi panas	33
Gambar 25. Ilustrasi pentingnya tiga komponen pemangku kepentingan teknologi terhadap sistem PLTS. Pada praktiknya pentingnya ketiga komponen itu berlaku untuk semua teknologi	37
Gambar 26. Info grafis contoh kerangka proposal	46

Dengan melakukan prinsip-prinsip asesmen, riset, dan analisis potensi pasar, koperasi hijau di Indonesia dapat berkontribusi signifikan dalam mitigasi perubahan iklim melalui pengembangan energi terbarukan yang berkelanjutan dan inklusif.



Koperasi hijau memiliki potensi besar untuk berperan dalam mitigasi perubahan iklim di Indonesia. Dengan dukungan yang tepat, termasuk akses pembiayaan, peningkatan kapasitas, dan kerjasama yang kuat, koperasi dapat menjadi agen perubahan yang signifikan dalam mendorong transisi menuju energi terbarukan dan praktik pembangunan yang berkelanjutan.

BAGIAN A:

PENGANTAR TRAINING OF TRAINERS (ToT)

A.1. Tujuan dan Output Pelatihan ToT

Pelatihan ini bertujuan untuk memberikan pemahaman konsep dan kemampuan teknis pelatih mengenai topik ini. Output pelatihan ini adalah sebagai berikut:

- Peningkatan kapasitas fasilitator dalam memahami isu iklim dan koperasi hijau
- Kemampuan menyusun dan memandu sesi pelatihan koperasi hijau
- Draft rencana aksi dan roadmap koperasi hijau

A.2. Profil Peserta dan Kompetensi yang Diharapkan

Pelatihan ini ditujukan untuk:

- Pengurus atau pengelola koperasi
- Pendamping koperasi atau fasilitator pelatihan
- Anggota organisasi mitra pengembangan koperasi

Kompetensi yang diharapkan:

- Memahami dasar perubahan iklim dan kaitannya dengan koperasi
- Mampu memfasilitasi diskusi dan latihan berbasis partisipasi
- Mampu menyusun rencana aksi koperasi hijau secara kontekstual

A.3. Prinsip-prinsip Pelatihan Orang Dewasa

Pelatihan ini menggunakan pendekatan pembelajaran orang dewasa, yang mencakup:

- Menghargai pengalaman peserta
- Mengaitkan materi dengan konteks nyata
- Mengutamakan praktik dan refleksi
- Fleksibel terhadap gaya dan kecepatan belajar peserta

A.4. Peran dan Etika Seorang Trainer

Trainer berperan sebagai fasilitator pembelajaran, bukan satu-satunya sumber pengetahuan. Prinsip utama:

- Mendengarkan dengan empati
- Mendorong partisipasi setara
- Menghindari dominasi diskusi
- Menjaga inklusivitas dan kenyamanan peserta

BAGIAN B: KONTEN TEKNIS

Negeri kita Indonesia dianugerahi limpahan potensi listrik energi terbarukan yang begitu besar, mencapai 443.208 MW atau 443,2 GW menurut Rencana Umum Energi Nasional/RUEN tahun 2017. Angka ini setara dengan 4,8 kali kapasitas listrik terpasang (energi fosil dan energi terbarukan) hingga akhir 2024 yang berada di angka 91,16 GW sebagaimana dipaparkan dalam Handbook on Energy and Economics of Indonesia Tahun 2024.

Potensinya yang besar tersebut membuat Indonesia pada 2017 menargetkan terpasangnya 45,3 GW listrik energi terbarukan di 2025 dan 167,7 GW di 2050, di mana target 2025 belakangan diturunkan menjadi hanya 21,83 GW. Namun sayangnya, performa pertumbuhan energi terbarukan tidak seindah perencanaan dan targetnya. Di akhir 2023, pembangkit listrik energi terbarukan di Indonesia baru di angka 13,31 GW atau 14,6% dari seluruh pembangkit listrik. Untuk mengejar dari 13,31 GW di 2023 menjadi 21,83 GW (tumbuh 8,52 GW) di 2025 rasanya hampir mustahil, mengingat pertumbuhan listrik energi terbarukan dari 2022 ke 2023 hanya tumbuh 0,73 GW dari yang sebelumnya 12,59 GW (2022).

Padahal, pertumbuhan energi terbarukan menjadi sangat *urgent* di era krisis iklim karena ketergantungan energi fosil terbukti merusak lingkungan di hulunya (deforestasi, lubang bekas tambang, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1) hingga hilirnya (emisi gas rumah kaca).



Gambar 1. Deforestasi dan lubang tambang di produksi batu bara¹

Angka 13,31 GW juga menggambarkan minimnya pemanfaatan potensi karena nilai tersebut hanyalah 2,99% saja dari seluruh potensi yang ada. Jika diulas lebih dalam, energi bio (biogas dan biomassa) menempati yang tertinggi (10,28%), sementara di posisi terakhir adalah energi surya (0,28%) dan energi angin (0,25%).

Pemanfaatan energi terbarukan yang masih sedikit tersebut harus dimaknai positif, yakni **peluang pengembangannya masih begitu besar dan terbuka luas bagi semua pihak**, utamanya melalui sistem desentralistik, di mana energi terbarukan dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan lokal di tingkat komunitas. Sistem yang desentralistik bukan hanya **memperkuat akses energi yang berkualitas kepada masyarakat** tetapi juga **menciptakan pertumbuhan ekonomi yang mendayagunakan komoditas setempat**.

Melalui sistem desentralistik, energi terbarukan akan menciptakan lapangan pekerjaan dan meningkatkan nilai tambah komoditas. Sementara itu, tata kelolanya dapat mendorong penguatan kohesi sosial dan budaya masyarakat. Pada titik ini, koperasi sebagai lembaga perekonomian di tingkat komunitas **sangat mungkin mengembangkan** sistem energi terbarukan yang desentralistik.

Gambar 2 menunjukkan proses pembangunan pembangkit listrik energi terbarukan di daerah terpencil yang tidak tersambung dengan jaringan listrik PLN.



Gambar 2. Proses pembangunan PLTS di Desa Rawasari, Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Jambi, pada 2018²

Modul ini mengantarkan koperasi untuk **mengembangkan sistem energi terbarukan desentralistik** tersebut dengan melakukan riset: **aktivitas apa saja** dan **oleh siapa saja** yang menjadi kegiatan **sehari-hari** dengan **memanfaatkan energi** (kebutuhan atau *energy demand*) serta **sumber energi apa saja** yang **tersedia dan berpotensi** untuk **memenuhi** kebutuhan tersebut (pasokan atau *energy supply*). Selain itu, modul ini juga membantu koperasi untuk **memahami dan mengembangkan tata kelola energi yang berkelanjutan**, sekaligus **menyusun proposal pembiayaan** kepada pihak terkait di luar koperasi.



Gambar 3. Proses pengangkutan komponen PLTS menggunakan perahu menuju lokasi yang terpencil di Jambi³



Gambar 4. Proses pengangkutan komponen PLTS di lokasi terpencil di Solok Selatan, Sumatera Barat⁴



B.1. Asesmen, Riset, dan Analisis Pasar Energi Terbarukan

B.1.1. Perbedaan Daya Dan Energi Serta Capacity Factor

Daya dan *energi* adalah dua hal yang saling berkaitan tetapi berbeda. Dalam konteks listrik, *daya* adalah seberapa cepat listrik digunakan atau dihasilkan, biasanya diukur dalam Watt (W), sedangkan *energi* adalah total jumlah listrik yang digunakan atau dihasilkan dalam periode waktu tertentu, diukur dalam Watt-jam (Wh) atau kilowatt-jam (kWh). Perumpamaannya, **daya seperti kecepatan**, dan **energi seperti jarak tempuh**—semakin lama digunakan, semakin besar energinya.

Misalnya, jika sebuah *rice cooker* memiliki daya 300 Watt dan digunakan selama 2 jam, maka **energi yang digunakan** adalah $300 \text{ Watt} \times 2 \text{ jam} = 600 \text{ Watt-jam}$ (0,6 kWh). Contoh lain, jika sebuah pembangkit listrik memiliki kapasitas daya 1.000 Watt dan beroperasi selama 4 jam, maka **energi yang dihasilkan** secara teoretik bisa mencapai $1.000 \text{ Watt} \times 4 \text{ jam} = 4.000 \text{ Watt-jam}$ (4 kWh).

Sementara itu dalam perhitungan energi listrik energi terbarukan (*supply*) terdapat istilah *capacity factor* atau CF. CF adalah cara untuk mengukur **seberapa sering dan seberapa maksimal** sebuah pembangkit listrik benar-benar menghasilkan listrik dibandingkan dengan kemampuannya secara penuh. Bayangkan sebuah pembangkit listrik seperti orang bekerja. Dia **bisa bekerja 24 jam sehari**, tapi dalam kenyataannya mungkin **hanya bekerja 18 jam**, karena ada istirahat, perawatan, atau cuaca buruk. CF itu seperti **persentase waktu dia benar-benar bekerja** dibandingkan dengan total waktu yang mungkin.

Misalnya, pada konteks energi air jenis hidroelektrik berkapasitas 100 kW dengan CF 80% dan durasi operasional 24 jam, maka energi yang dihasilkannya adalah $100 \text{ kW} \times 24 \text{ jam} \times 80\% = 1.920 \text{ kWh}$ per hari.

DAYA DAN ENERGI



DAYA

seberapa cepat listrik digunakan atau dihasilkan diukur dalam Watt (W)



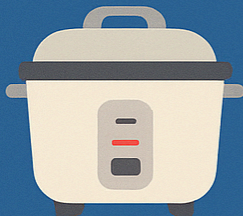
ENERGI

total jumlah listrik yang digunakan atau dihasilkan dalam periode waktu tertentu

diukur dalam Watt-jam (Wh)

Perumpamaannya, daya seperti kecepatan, dan energi seperti jarak tempuh – semakin lama digunakan, semakin besar energinya.

MISALNYA



Rice cooker dengan daya 300 W digunakan selama 2 jam

$$\text{Energi} = 300 \text{ W} \times 2 \text{ jam} \\ = 600 \text{ Wh (0,6 kWh)}$$



Pembangkit listrik dengan daya 1.000 W beroperasi selama 4 jam

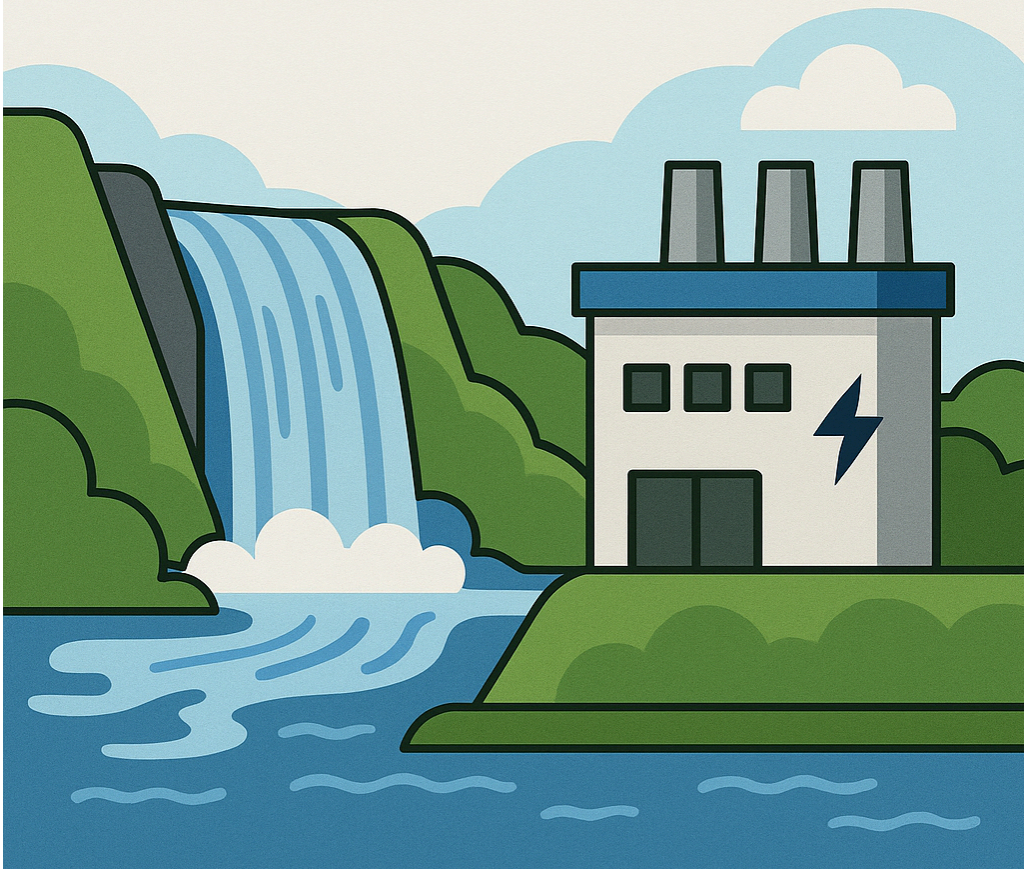
$$\text{Energi} = 1.000 \text{ W} \times 4 \text{ jam} \\ = 4.000 \text{ Wh (4 kWh)}$$

Gambar 5. Perbedaan daya dan energi⁵

CAPACITY FACTOR (CF)

Pada konteks energi air jenis hidroelektrik berkapasitas 100 kW dengan CF 80 % dan durasi operasional 24 jam, maka energi yang dihasilkannya adalah

$$100 \text{ kW} \times 24 \text{ jam} \times 80 \% = 1.920 \text{ kWh per hari}$$



Gambar 6. Ilustrasi capacity factor untuk pembangkit listrik tenaga air⁶

B.1.2. Asesmen Permintaan (Demand): Beban Dan Kemampuan Bayar

Tujuan: Menghitung kebutuhan listrik harian dan mengidentifikasi sumber energi yang digunakan.

Langkah Teknis

- Inventarisasi alat listrik (lampu, kipas, kulkas, TV, pompa air, dll).
- Catat daya alat (dalam Watt) dan lama penggunaan per hari (jam).
- Hitung konsumsi total energi per hari dan per bulan.
- Tanyakan sumber listrik: PLN, genset, PLTS, atau lainnya.
- Evaluasi stabilitas pasokan dan biaya listrik bulanan.

Contoh Pertanyaan Teknis

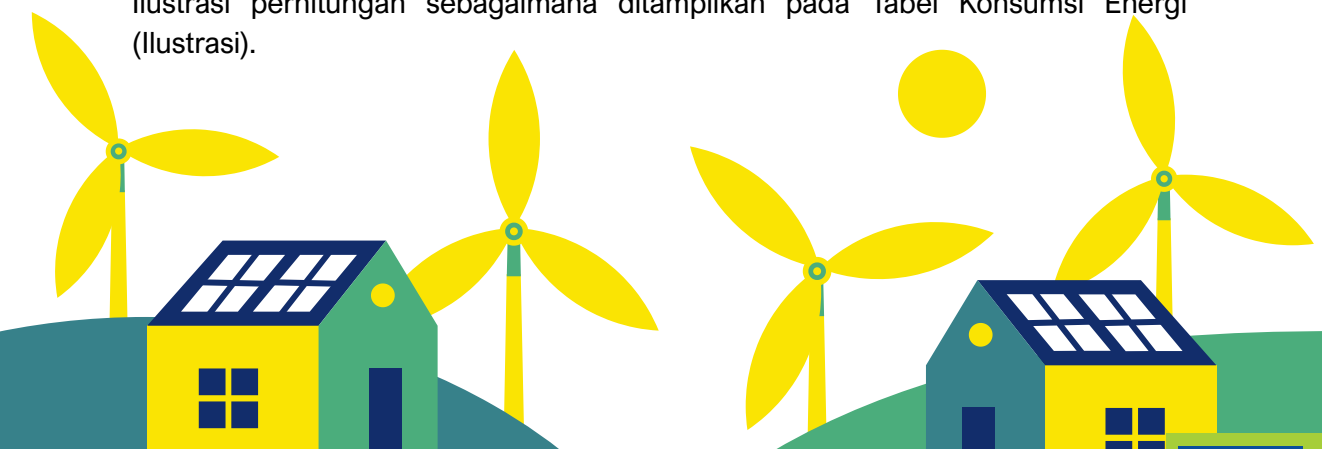
- Apa saja alat listrik yang digunakan setiap hari?
- Berapa jam penggunaannya?
- Apakah listrik sering padam? Berapa lama?
- Berapa biaya listrik bulanan?

Ilustrasi Output dan Catatan Penting

Berapa energi listrik yang dikonsumsi jika sebuah keluarga mempunyai deskripsi penggunaan alat elektronik sebagai berikut?

- lampu LED 4 unit, masing-masing 10 Watt dan dinyalakan selama 12 jam
- charger smartphone 2 unit; masing-masing 18 Watt serta dipakai selama 2 jam dan 2 kali dalam sehari
- kipas angin 1 unit; 40 Watt dan digunakan selama 12 jam
- televisi LED; 60 Watt dan dinyalakan selama 4 jam
- charger laptop 1 unit; 65 Watt dipakai selama 4 jam

Maka penggunaan energi dalam sehari dihitung dengan mengalikan beberapa data, yaitu daya alat elektronik, jumlah alat elektronik, dan durasi penggunaannya. Ilustrasi perhitungan sebagaimana ditampilkan pada Tabel Konsumsi Energi (Ilustrasi).





B.1.2.1. Listrik Rumah Tangga

Asesmen beban dan kemampuan bayar dilakukan untuk memahami bagaimana masyarakat/anggota koperasi menggunakan energi untuk aktivitasnya sehari-hari (beban) dan berapa biaya yang dikeluarkan untuk mendapatkan jasa tersebut. Pemahaman terhadap beban terkait dengan jenis dan karakteristik energi terbarukan yang akan menggantikannya. Sementara pemahaman tentang kemampuan bayar berguna untuk menghitung harga jasa energi yang akan dibayar oleh masyarakat/anggota koperasi, termasuk pengembangan skema subsidi bagi mereka yang tidak mampu (janda, orang tua, fakir, dan miskin) agar tetap mendapatkan akses energi.

Terdapat lima aspek *demand* atau beban yang diidentifikasi, yakni listrik untuk rumah tangga, energi untuk berproduksi, energi untuk memasak, energi untuk memenuhi kebutuhan air bersih, dan energi untuk transportasi.

Tujuan

- Mengukur kebutuhan listrik dan energi panas aktual dalam berbagai aspek kehidupan sehari-hari
- Menilai kemampuan ekonomi untuk membayar layanan energi bersih.
- Menentukan titik intervensi yang paling membutuhkan energi bersih.

Langkah

1. Inventaris alat listrik harian.
2. Hitung konsumsi energi harian dan bulanan.
3. Bandingkan dengan tagihan aktual.
4. Evaluasi kemampuan bayar berdasarkan pengeluaran rumah tangga untuk listrik dan energi.

Output

- Tabel konsumsi energi dan profil kemampuan bayar.

Tabel 1. Konsumsi Energi Rumah Tangga (Ilustrasi)

No.	Alat Elektronik	Daya Alat (W atau Watt)	Durasi Penggunaan (Jam)	Energi (Watt-jam atau Watt-hour/Wh)
1	Lampu LED	40 W (4 x 10 W)	12 jam	480 Wh
2	Charger HP	36 W (2 x 18 W)	4 jam (2 x 2 jam)	144 Wh
3	Kipas angin	40 W	12 jam	480 Wh
4	TV LED	60 W	4 jam	240 Wh
5	Charger laptop	65 W	4 jam	260 Wh
Jumlah				1.604 Wh

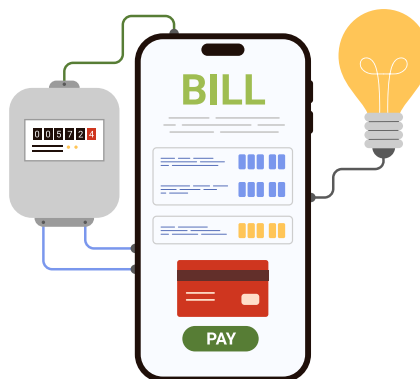
Keluarga tersebut mengonsumsi energi sejumlah 1.604 Wh per hari (1,604 kWh per hari) atau sekitar 48.120 Wh per bulan yang setara dengan 48,12 kWh per bulan. Apabila harga listrik 1.300 VA adalah Rp1.444,7 per kWh maka rumah tangga tersebut membayar listrik di kisaran nilai:

$$48,12 \text{ kWh} \times \text{Rp}1.444,70 = \text{Rp}69.519,00$$



Catatan Penting: Jangan lupa bandingkan perhitungan ini dengan biaya listrik yang dibayarkan ke PLN atau membeli token listrik.

Jika yang dibayarkan **lebih besar** daripada perhitungan, maka boleh jadi ada alat yang belum dihitung atau jumlah dan/atau durasi penggunaan alat yang belum diperhitungkan. Sebaliknya, jika yang dibayarkan **lebih kecil** daripada perhitungan, maka boleh jadi ada jumlah dan/atau durasi penggunaan alat yang terlalu banyak.



B.1.2.2. Energi untuk Produksi

Tujuan: Mengidentifikasi proses produksi pasca panen atau pasca tangkap dan energi yang digunakan.

Langkah Teknis

- Identifikasi jenis komoditas: hasil pertanian, perikanan, perkebunan.
- Alat pengolahan: manual, listrik, berbahan bakar minyak.
- Biaya energi dan nilai tambah pasca-pengolahan.
-

Contoh Pertanyaan Teknis

- Komoditas apa yang diolah?
- Energi apa yang digunakan dalam pengolahan?
- Apakah ada peningkatan harga setelah diolah?

Apa kendala utama dalam proses pengolahan?

Ilustrasi Output dan Catatan Penting

Penggunaan mesin listrik dapat dihitung dengan metode yang sama pada bagian Listrik Rumah Tangga. Misalkan sebuah koperasi menggunakan mesin cacah pakan berdaya 200 Watt yang digunakan 4 jam dan mesin giling kelapa berdaya 250 Watt yang beroperasi 3 jam, maka perhitungan konsumsi energi untuk produksi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Konsumsi Energi untuk Produksi (Ilustrasi)

No.	Alat Elektronik	Daya Alat (W atau Watt)	Durasi Penggunaan (Jam)	Energi (Watt-jam atau Watt-hour/Wh)
1	Mesin cacah pakan	200 W	4 jam	800 Wh
2	Mesin giling kelapa	250 W	3 jam	750 Wh
Jumlah				1.550 Wh



B.1.2.3. Energi untuk Memasak

Tujuan: Menilai bentuk energi yang digunakan untuk memasak dan potensi peralihannya ke sumber yang lebih bersih.

Langkah Teknis

- Identifikasi alat memasak yang digunakan: LPG besar/kecil, kompor listrik, minyak tanah, kayu bakar, tungku biomassa.
- Hitung frekuensi dan durasi penggunaan.
- Evaluasi dampak kesehatan dan kenyamanan dari penggunaan bahan bakar (misalnya: sesak napas akibat asap kayu bakar).

Contoh Pertanyaan Teknis:

- Apa jenis bahan bakar utama untuk memasak?
- Apakah terdapat keluhan saat menggunakan bahan bakar tersebut?
- Berapa biaya untuk memasak dalam satu bulan?

Ilustrasi Output dan Catatan Penting

Perhitungan energi untuk memasak terlebih dahulu dirinci berdasarkan jenis bahan bakarnya, baru kemudian dikonversi ke rupiah (biaya jasa energi). Sebagai contoh:

- Keluarga A menggunakan 2 buah LPG 3 kg untuk 1 bulan, berarti biaya energi untuk memasak sekitar Rp40.000,00 per bulan.
- Keluarga B menggunakan 10 ikat kayu bakar untuk 1 bulan. Jika per ikat kayu bakar harganya setara dengan Rp5.000,00 maka biaya energi untuk memasak sekitar Rp50.000,00 per bulan.
- Energi yang dihabiskan untuk memasak dihitung sebagai berikut

$$\text{Jumlah LPG} = 23 \text{ kg} = 6 \text{ kg}$$

Jika 1 kg LPG mengandung energi senilai 46,1 MJ/kg dan 1 MJ setara dengan 0,2778 kWh, maka energi 6 kg LPG setara dengan

$$\begin{aligned} 6 \text{ kg} \times 46,1 \text{ MJ/kg} &= 276,6 \text{ MJ} \\ &= 276,6 \text{ MJ} \times 0,2778 \text{ kWh/MJ} = 76,84 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Maka energi untuk memasak yang dibutuhkan adalah **76,84 kWh per bulan** atau **2,56 kWh per hari**.

B.1.2.4. Energi untuk Air Bersih

Tujuan: Mengetahui kebutuhan energi untuk memperoleh air dan biaya yang dikeluarkan.

Langkah Teknis

- Sumber air bersih: mata air, sumur manual, sumur bor (pompa listrik), PDAM, Pamsimas.
- Sumber air minum: air rebusan, galon isi ulang, air kemasan.
- Catat frekuensi penggunaan pompa air dan daya listriknya.

Contoh Pertanyaan Teknis

- Jika menggunakan pompa, berapa jam per hari digunakan dan berapa dayanya?
- Berapa total biaya air per bulan?

Ilustrasi Output dan Catatan Penting

Jika pemenuhan air bersih menggunakan pompa bor atau pompa listrik, maka perhitungan energinya serupa dengan pada bagian Listrik Rumah Tangga. Pada konteks perhitungan biaya listrik untuk pompa dapat dilihat dari dua sudut pandang:

- pembayarannya kepada PLN pasti tergabung dengan perhitungan listrik rumah tangga sebagai satu kesatuan
- secara perhitungan nilainya dapat dipisahkan dari listrik rumah tangga lainnya sebagai bentuk identifikasi beban/demand

Sebagai ilustrasi jika koperasi di sebuah pesantren memiliki usaha air minum yang memakai pompa air berdaya 150 Watt untuk memenuhi kebutuhan air 100 santrinya. Pompa ini setiap hari dioperasikan hingga 3,5 jam. Maka konsumsi energi pompa air tersebut ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Konsumsi Energi Pompa Air Koperasi Pesantren (Ilustrasi)

No.	Alat Elektronik	Daya Alat (W atau Watt)	Durasi Penggunaan (Jam)	Energi (Watt-jam atau Watt-hour/Wh)
1	Pompa air	150 W	3,5 jam	525 Wh
Jumlah				525 Wh
				0,53 kWh

B.1.2.5. Energi untuk Transportasi

Tujuan: Menilai konsumsi energi transportasi dan potensi penggantian BBM dengan sumber terbarukan (misal: kendaraan listrik berbasis PLTS).

Langkah Teknis

- Jenis kendaraan yang digunakan: sepeda motor, mobil, perahu.
- Jenis bahan bakar: bensin, solar, listrik.
- Jarak dan frekuensi perjalanan.

Contoh Pertanyaan Teknis

- Berapa liter bahan bakar digunakan setiap minggu?
- Apakah ada potensi menggunakan kendaraan listrik berbasis charger tenaga surya?

Catatan Penutup

Apabila yang dinilai adalah masyarakat/anggota koperasi yang beragam, maka harus dilakukan survei dengan menggunakan sampel. Tingkat keragaman harus dikelompokkan sebelum dibuat reratanya. Misal:

- Untuk listrik rumah tangga, terlebih dahulu dikelompokkan berdasarkan kapasitas listrik PLN yang telah terpasang, baru dihitung rata-rata konsumsi energinya
- Untuk memasak, terlebih dahulu dikelompokkan berdasarkan jenis bahan bakar (LPG atau kayu), baru dihitung rata-rata konsumsi energinya.

Asesmen Beban dan Kemampuan Bayar dapat menggambarkan pola konsumsi energi masyarakat/anggota koperasi sehingga dapat didesain pula pola produksinya menggunakan sumber energi terbarukan di tingkat lokal.





Gambar 7. Pengangkutan manual komponen PLTS di lokasi terpencil di Solok Selatan, Sumatera Barat



Gambar 8. Teknisi energi terbarukan memasang PLTS atap di lokasi terpencil di Tanjung Jabung Timur, Jambi⁸

B.1.3. Asesmen Sumber Energi Terbarukan (*Supply*)

Asesmen sumber energi terbarukan (*supply*) merupakan aktivitas untuk meningkatkan wawasan dan keterampilan masyarakat/anggota koperasi dalam mencermati keberadaan sumber energi terbarukan di lingkungannya hingga menghitung potensi energi tersebut. Jika dikaitkan dengan asesmen beban, maka asesmen *supply* berguna untuk memberikan pilihan tentang apa dan bagaimana beban energi sehari-hari masyarakat dapat dipenuhi oleh energi terbarukan yang mana.

Terdapat empat aspek *supply* atau beban yang diidentifikasi, yakni energi surya (fotovoltaik atau pembangkit listrik tenaga surya/PLTS); energi angin atau bayu skala kecil (pembangkit listrik tenaga bayu/PLTB); energi air (pembangkit listrik tenaga mikro hidro atau pikohidro/PLTMH); dan energi bio (biogas atau biomassa).

B.1.3.1. Energi Surya (PLTS Atap, PLTS Komunal)

Prinsip: Mengubah sinar matahari menjadi listrik menggunakan panel surya (fotovoltaik).

Indikator Teknis:

- Lokasi terbuka bebas bayangan minimal 5 jam/hari.
- Potensi radiasi matahari tinggi ($>4,5 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$).
- Atap rumah, lahan kosong, atau fasilitas publik bisa dijadikan lokasi panel.

Catatan Lapangan: Cek posisi matahari dan bayangan sekitar dengan **solar pathfinder** atau **peta naungan**.

Perhitungan Potensi Energi

Potensi energi surya dihitung berdasarkan luasan yang akan digunakan. Jika terdapat atap bangunan atau lahan kosong yang bebas dari bayangan dengan lebar 6 meter dan panjang 10 meter, di mana **setengahnya** akan digunakan untuk energi surya, maka potensi suplai energi PLTS adalah:

Potensi Energi Surya = Luasan Atap atau Lahan untuk PLTS $\times$ $4,5 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$ $\times$ efisiensi sistem

$$\begin{aligned} &= (0,5 \times 6 \text{ meter} \times 10 \text{ meter}) \times 4,5 \text{ kWh/m}^2/\text{hari} \times 0,5 \\ &= 67,5 \text{ kWh/hari} = 67.500 \text{ Wh per hari} \end{aligned}$$



Gambar 9. PLTS komunal di sebuah lahan. Rumah di sebelah kanan gambar adalah tempat bagi komponen PLTS seperti inverter, solar charge controller, dan baterai⁹



Gambar 10. PLTS atap di sebuah rumah di Bali¹⁰

B.1.3.2. Energi Angin (PLTB Skala Kecil)

Prinsip: Mengubah energi kinetik angin menjadi listrik melalui turbin angin.

Indikator Teknis:

- Kecepatan angin stabil minimal 3–4 m/s.
- Lokasi dataran tinggi, pesisir, atau padang terbuka.
- Tidak terhalang pepohonan atau bangunan tinggi.
-

Catatan Lapangan: Gunakan anemometer atau data BMKG setempat.

Ilustrasi Output dan Catatan Penting: pengembangan pembangkit listrik tenaga angin membutuhkan data dan analisis angin yang tidak sederhana karena misalnya terkait dengan data kecepatan angin dan pemasangan kincir angin pada ketinggian tertentu. Pada modul ini, identifikasi sumber energi angin dibatasi pada identifikasi kecepatan angin, arah embusan angin, dan durasi embusan angin dalam 24 jam.



Gambar 11. Pembangkit listrik tenaga angin di Bantul, Yogyakarta¹¹



Gambar 12. Pembangkit listrik tenaga angin skala besar di Sidenreng Rappang, Sulawesi Selatan, di mana satu kincir tingginya 80 meter dan berkapasitas 2,5 MW¹²



B.1.3.3. Energi Air (Mikrohidro/PLTMH)

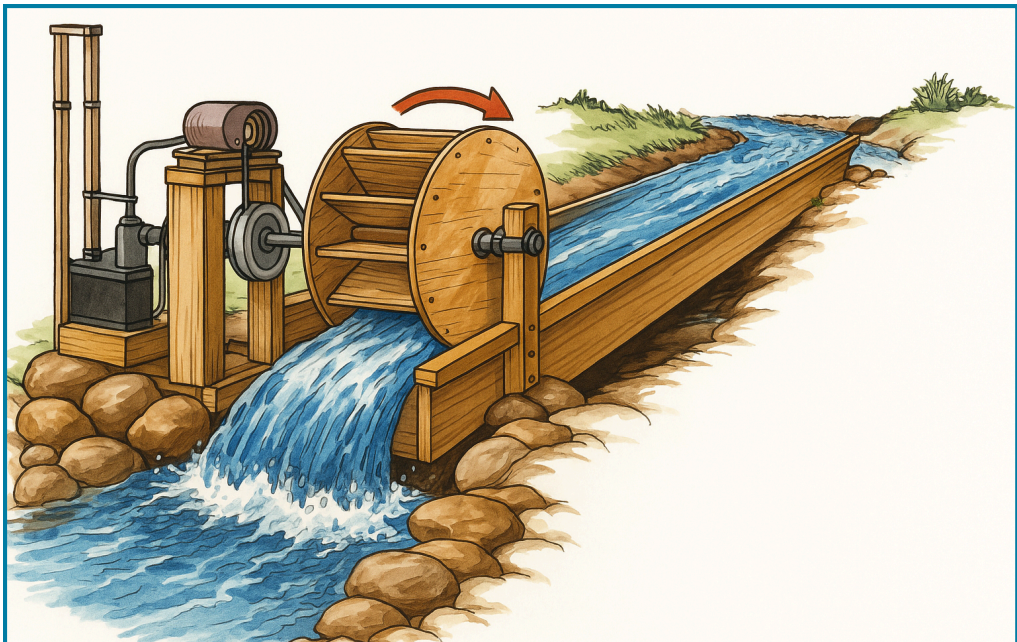
Prinsip: Mengubah aliran air (gravitasi atau irigasi) menjadi energi listrik, lewat turbin yang digerakkan oleh aliran air dan kemudian menggerakkan generator listrik.

Indikator Teknis:

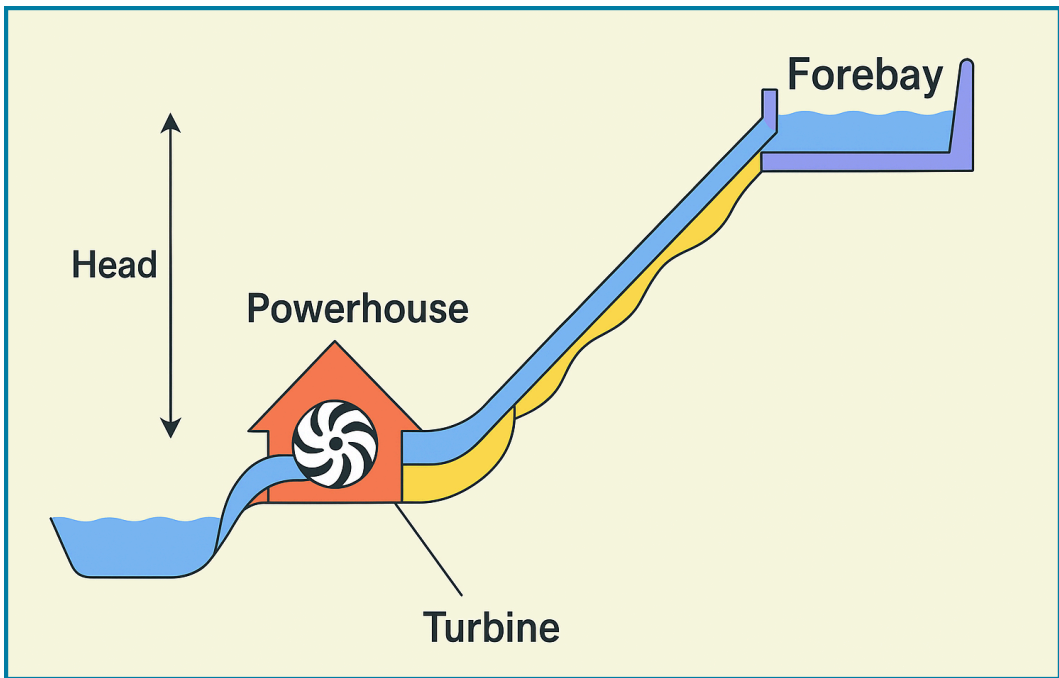
- Debit air stabil sepanjang tahun.
- Ada beda ketinggian (head) minimal 1,5–2 meter.
- Cocok untuk daerah pegunungan, perbukitan, atau aliran irigasi berjenjang.

Catatan Lapangan: ukur debit dan tinggi jatuhan air menggunakan flowmeter atau metode ember & stopwatch.

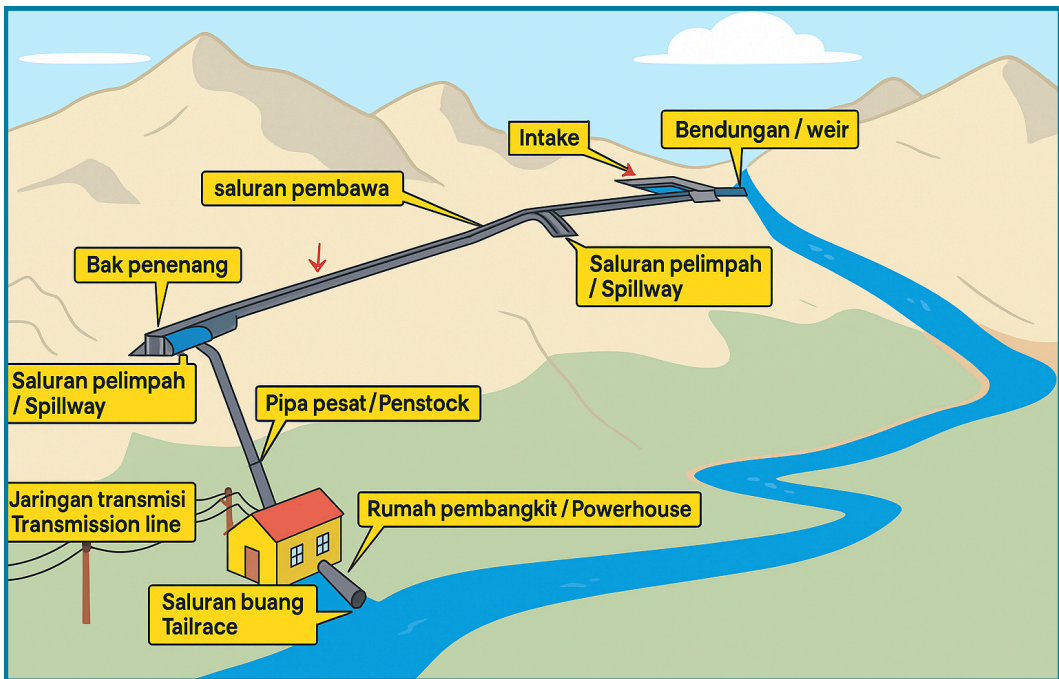
Ilustrasi Output dan Catatan Penting: Terdapat dua jenis pembangkit listrik energi air berskala kecil, yakni yang memanfaatkan kecepatan aliran air (hidrokinetik) atau yang memanfaatkan beda tinggi (hidroelektrik). Teknologi pembangkit hidrokinetik lebih sederhana (diilustrasikan Gambar 13), sedangkan teknologi hidroelektrik lebih kompleks (diilustrasikan Gambar 14 dan Gambar 15).



Gambar 13. Ilustrasi pemanfaatan kecepatan aliran air (hidrokinetik)¹³. Ilustrasi ini menggambarkan turbin kayu yang digerakkan oleh aliran air digunakan untuk memutar dinamo yang menghasilkan listrik.



Gambar 14. Ilustrasi skematik sistem energi hidroelektrik yang memanfaatkan debit air dan beda tinggi¹⁴

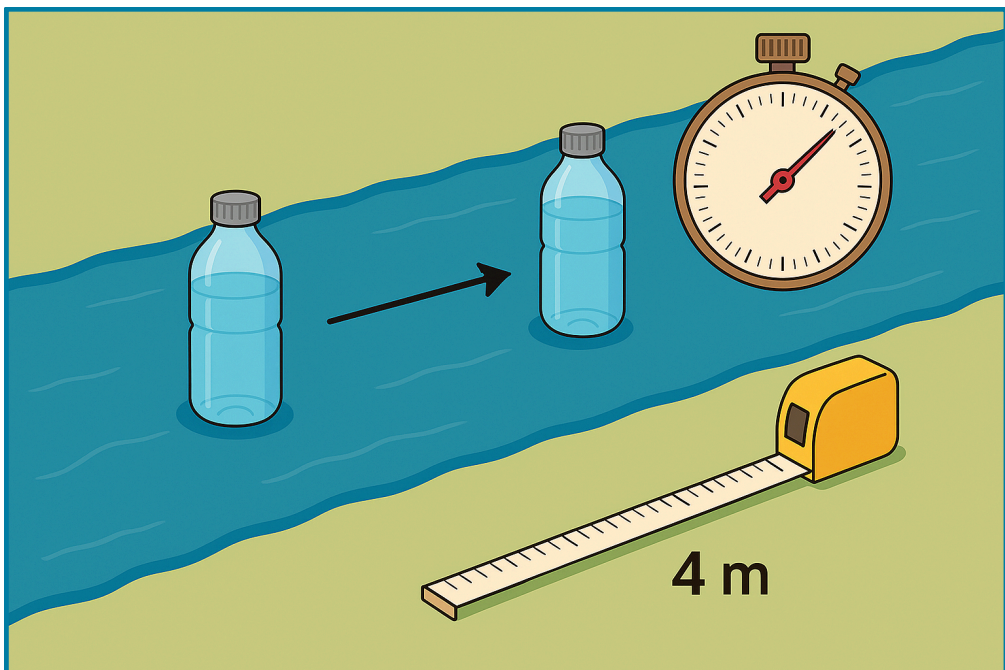


Gambar 15. Ilustrasi sistem energi hidroelektrik dengan komponennya yang lebih kompleks¹⁵

Sebelum menghitung potensi kedua jenis sistem energi air, terlebih dahulu dilakukan pengukuran **kecepatan air** dan **luas penampang sungai**. Pengukuran kecepatan air dapat menggunakan alat otomatis bernama *flowmeter* atau *currentmeter* (Gambar 16); namun dapat pula memakai metode konvensional (metode apung) yang menggunakan benda yang mengapung seperti bola tenis meja (Gambar 17) apabila belum memiliki alat flowmeter.



Gambar 16. Alat pengukur kecepatan aliran air atau *flowmeter*¹⁶



Gambar 17. Ilustrasi pengukuran kecepatan aliran air dengan metode apung¹⁷

Langkah perhitungan kecepatan aliran dengan metode apung dilakukan melalui langkah sebagai berikut:

- siapkan peralatan berupa benda yang akan diapungkan yang idealnya berupa botol air mineral berukuran 600 ml, meteran, dan alat pengukur waktu (misal: *stopwatch*);
- pastikan botol air mineral diisi dengan air hingga separuhnya;
- siapkan pula jaring atau alat lain untuk menangkap botol air mineral;
- lokasi pengukuran kecepatan aliran dilakukan pada ruas sungai yang relatif lurus dan lintasannya tidak terganggu oleh benda-benda di sungai (batu, ranting, pohon, dan lain-lain);
- pengukuran dilakukan pada tiga lokasi: satu di tengah sungai dan dua di dekat tepi sungai;
- ukur jarak 2 meter atau 3 meter, beri tanda di tepian sungai: di titik mana ukuran tersebut dimulai dan diakhiri;
- pada titik dimulai ukuran jarak tersebut, hanyutkan botol air minum di sungai;
- di saat bersamaan, di titik akhir ukuran jarak, seseorang memulai pengukuran waktu;
- ketika botol air mineral tiba di titik sungai yang sejajar dengan titik akhir ukuran jarak (3 atau 4 meter), pengukuran waktu diakhiri dan dicatat, serta botol air mineral ditangkap dengan jaring yang telah disiapkan;
- ulangi langkah penghanyutan dan pengukuran waktu hingga 5-6 kali, dan kemudian dihitung rata-ratanya;
- lakukan prosedur yang sama pada lokasi pengukuran lainnya (1 di tengah sungai dan 2 di dekat tepi sungai).



Tabel 4 menunjukkan pencatatan pengukuran kecepatan aliran air di tiga titik pengukuran beserta nilai rata-ratanya.

Tabel 4. Pencatatan pengukuran kecepatan aliran air

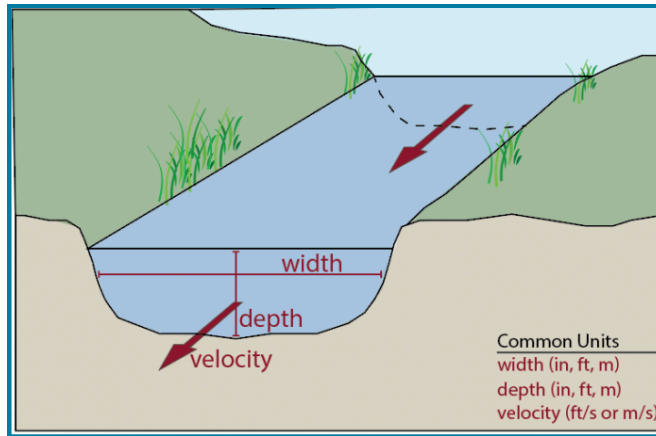
Pengukuran ke-	Waktu Tempuh (detik)		
	Tengah	Tepi 1	Tepi 2
1	10,00 detik	9,45 detik	9,80 detik
2	9,80 detik	9,70 detik	10,20 detik
3	10,15 detik	10,00 detik	10,40 detik
4	9,65 detik	10,13 detik	9,50 detik
5	10,20 detik	10,50 detik	9,80 detik
Rata-rata	9,96 detik	9,96 detik	9,94 detik
Rata-rata Total	9,95 detik		

Jika jarak yang dipakai adalah **4 meter** dan bola pingpong menempuh jarak tersebut dalam waktu **9,95 detik**, maka kecepatan aliran air di sungai tersebut adalah:

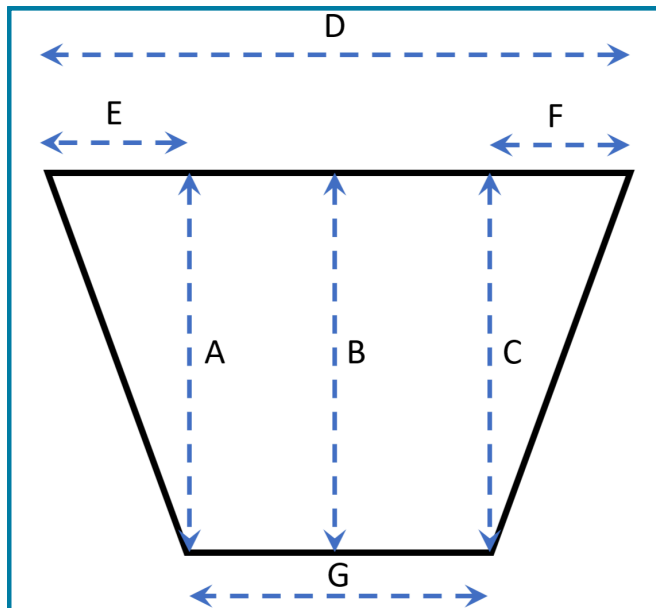
$$\frac{3 \text{ meter}}{6,5 \text{ detik}} = 0,40 \text{ meter/detik}$$

Selanjutnya, dihitung pula luas penampang sungai (Gambar 19), yakni permukaan melintang sungai yang sama dengan yang dihitung kecepatan aliran airnya. Langkah pengukuran dan perhitungannya adalah sebagai berikut:

- Ukur kedalaman sungai di sedikitnya tiga titik, yakni dua di dekat tepi sungai (pertemuan antara dinding sungai dan dasar sungai di bagian tepi, sebut saja tinggi A dan tinggi C) dan satu di titik tengah sungai (tinggi B),
- Pada lokasi yang sama, ukur lebar sungai (lebar D),
- Ukur jarak antara titik pengukuran di dekat tepi sungai dengan titik tepi sungai di kedua sisi (lebar F dan lebar G),
- Gambarkan hasil pengukuran tersebut dengan pendekatan bentuk trapesium (Gambar 18).



Gambar 18. Ilustrasi bentuk penampang sungai¹⁸



Gambar 19. Pencatatan untuk perhitungan luas penampang sungai

Sebagai ilustrasi didapatkan data sebagai berikut:

- Kedalaman A = 2 meter
- Kedalaman B = 2 meter
- Kedalaman C = 2 meter
- Lebar D = 4,5 meter
- Lebar E = 0,5 meter
- Lebar F = 0,5 meter
- Perhitungan Lebar G = Lebar D dikurangi Lebar E dan Lebar F = 3,5 meter

Perhitungan luas penampang sungai didekati dengan bentuk trapesium yang rumus perhitungan luasnya adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Luas Trapesium} &= \frac{\text{Jumlah Sisi Sejajar}}{2} \times \text{tinggi trapesium} \\
 &= \frac{\text{Lebar D} + \text{Lebar G}}{2} \times \text{Kedalaman A atau B atau C} \\
 &= \frac{4,5 \text{ meter} + 3,5 \text{ meter}}{2} \times 2 \text{ meter} = 8 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan kecepatan aliran sungai (**0,40 m/detik**) dan luas penampang sungai (**8 m²**) maka dapat dihitung daya energi listrik dengan sistem hidrokinetik, yakni perkalian antara massa jenis air (ρ), luas penampang sungai (A), dan pangkat tiga kecepatan aliran air (v); yang dibagi dua:

$$\begin{aligned}
 \text{Daya Hidrokinetik} &= \frac{\rho \times A \times v^3}{2} \\
 &= \frac{1.000 \text{ kg/m}^3 \times 8 \text{ m}^2 \times (0,40 \text{ m/detik})^3}{2} = 1.600 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Sementara itu, terdapat bentuk energi air berupa hidroelektrik. Pembedanya dengan hidrokinetik adalah adanya satu tambahan pengukuran yakni *head* atau beda tinggi dan satu perhitungan tambahan yakni debit air. Beda tinggi yang dimaksud adalah jarak vertikal antara titik mula terjunan air dengan titik lokasi turbin (tinggi jatuhnya air) sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 5.

Debit air yang disimbolkan dengan huruf Q dihitung dengan mengalikan antara kecepatan aliran air dengan luas penampang sungai, yakni:

$$\begin{aligned}
 Q &= \text{Luas Penampang Sungai (A)} \times \text{Kecepatan Aliran (v)} \\
 Q &= 8 \text{ m}^2 \times 0,40 \text{ m/detik} = 3,2 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Jika kemudian didapatkan pengukuran *head* atau beda tinggi (H) di angka **3,5 meter**, maka potensi daya energi hidroelektrik dapat dihitung dengan mengalikan massa jenis air (ρ), percepatan gravitasi (g), debit air (Q), dan beda tinggi (H), yakni:

$$\begin{aligned}
 \text{Daya Hidroelektrik} &= \rho \times g \times Q \times H \\
 &= 1.000 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/detik}^2 \times 3,2 \text{ m}^3/\text{detik} \times 3,5 \text{ m} \\
 &= 109.872 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan, dua sistem energi air (hidrokinetik dan hidroelektrik) dapat diketahui potensi daya energi dan perbandingannya setelah masing-masing dikalikan dengan efisiensi sistem. Jika daya energi sifatnya teoretik (murni perhitungan data lapangan), maka perhitungan dengan nilai efisiensi akan menunjukkan angka yang lebih realistis karena ada faktor performa sistem energi.

Angka efisiensi (η) untuk sistem hidrokinetik berada di kisaran 30-50% sedangkan untuk sistem hidroelektrik di angka 70-90%. Perhitungan dalam ilustrasi ini efisiensi hidrokinetik adalah 45% dan hidroelektrik 70%, sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned}\text{Daya Hidrokinetik Riil} &= 45\% \times 1.600 \text{ Watt} = 720 \text{ Watt} \\ \text{Potensi Hidroelektrik Riil} &= 70\% \times 109.872 \text{ Watt} \\ &= 76.910,40 \text{ Watt} = 76,91 \text{ kW}\end{aligned}$$

Untuk menghitung energi listrik yang dapat dimanfaatkan setiap harinya, daya dikalikan dengan 24 jam (durasi operasional harian) dan nilai Capacity Factor (CF). CF pada energi air mencerminkan stabilitas pasokan air: nilainya bisa mencapai 80% pada sistem hidroelektrik karena ada bendung dan bak penenang yang menjaga pasokan air; sedangkan sistem hidrokinetik hanya di angka 40% karena hanya mengandalkan debit air sungai apa adanya yang fluktuatif. Berdasarkan CF tersebut maka energi listrik yang diperoleh adalah:

$$\begin{aligned}\text{Listrik Hidrokinetik} &= 720 \text{ Watt} \times 24 \text{ jam} \times 40\% \\ &= 6.912 \text{ Wh} = 6,91 \text{ kWh}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Listrik Hidroelektrik} &= 76,91 \text{ kW} \times 24 \text{ jam} \times 80\% \\ &= 1.476,67 \text{ kWh}\end{aligned}$$



B.1.3.4. Energi Bio (Biogas, Biomassa Padat)

Prinsip: Mengolah limbah organik (ternak, pertanian, kelautan, dapur) atau kayu/bahan bakar padat menjadi energi panas atau listrik. Biogas berarti memanfaatkan zat organik dalam jumlah tertentu untuk menjadi sumber energi berbentuk gas. Sementara biomassa bermakna memanfaatkan zat organik menjadi sumber energi dalam bentuk padat.

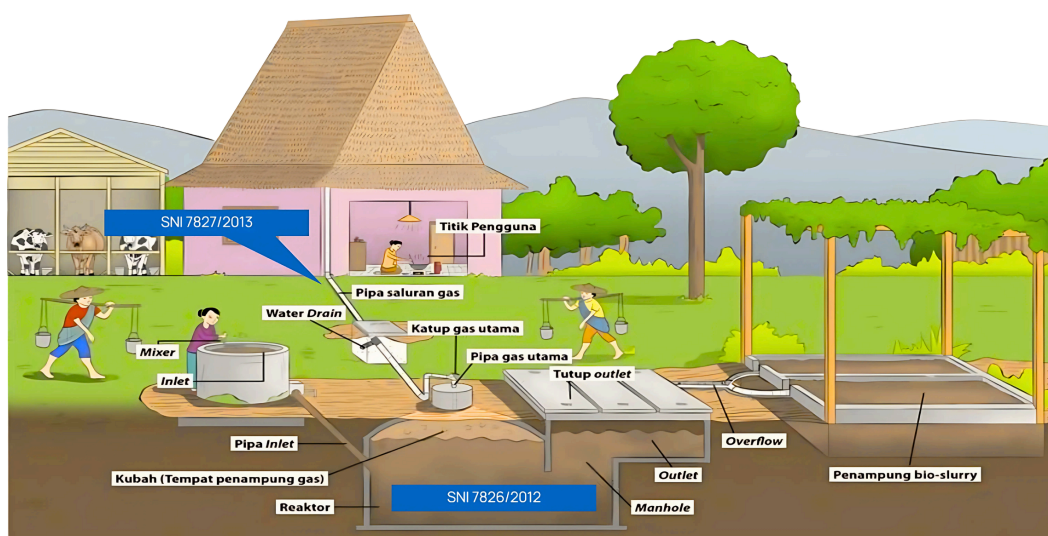
Indikator Teknis:

- Ketersediaan limbah organik rutin (kotoran ternak, sisa panen, sekam padi, sampah organik, rumput laut, dll).
- Kemampuan teknis untuk mengelola (komunitas peternak, kelompok tani, kelompok nelayan).
- Minat penggunaan energi dari sisa hasil panen atau limbah produksi.

Catatan Lapangan: Cek potensi limbah, kualitas bahan, dan kesiapan penerima manfaat.

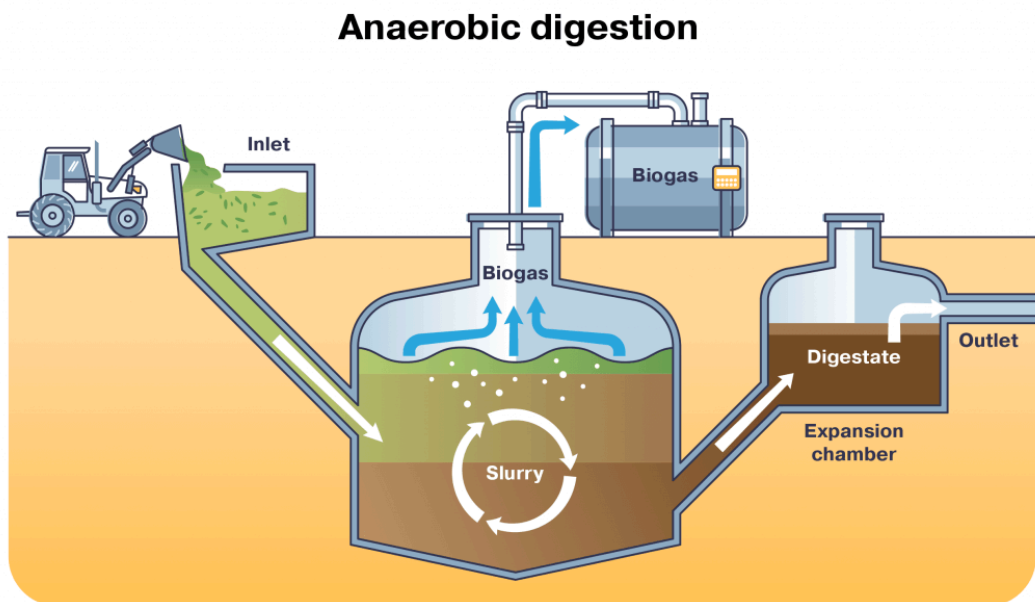
Ilustrasi Output dan Catatan Penting:

Potensi energi bio yang biasanya tersedia di alam adalah kotoran sapi perah, rumput laut (seaweed), dan sampah organik untuk biogas serta limbah sekam padi atau berbagai jenis kayu yang bisa diolah menjadi pelet kayu sebagai bahan bakar biomassa. Gambar 20 menggambarkan instalasi biogas di sebuah rumah.



Gambar 20. Ilustrasi instalasi biogas rumah¹⁹

Bahan organik yang dimanfaatkan untuk biogas bermakna bahwa bahan tersebut akan dicampur pada sebuah alat bernama *digester*. **Digester** adalah **wadah tertutup** yang digunakan untuk **mengolah bahan organik** seperti kotoran ternak, sampah dapur, atau limbah rumput laut agar menjadi **biogas**. Di dalamnya, limbah difermentasi oleh **bakteri anaerob** (bakteri yang hidup tanpa oksigen). Ilustrasi digester ditunjukkan Gambar 21.



Gambar 21. Sistem digester biogas anaerob²⁰

Perhitungan pemanfaatan biogas pada dasarnya dihitung dari jumlah produksi bahan baku, produksi biogas untuk setiap satuan massa (berat bahan), dan nilai kalor spesifik (NCV atau *Net Calorific Value*) biogas masing-masing bahan (Tabel 5). Ilustrasi perhitungan pada bagian ini akan menggunakan bahan berupa kotoran sapi, rumput laut jenis *Kappaphycus alvarezii*, dan sampah organik rumah tangga.

Tabel 5. Produksi harian (massa), produksi biogas, dan NCV bahan organik kotoran sapi, limbah rumput laut, dan sampah organik rumah tangga

Bahan Baku	Produksi Harian Bahan Organik	Produksi Biogas (m ³ /kg)	NCV Biogas (kWh/m ³)
Kotoran sapi	±10 kg kotoran per ekor per hari	0,03	5,5
Limbah rumput laut (K. alvarezii)	±35% limbah padat dari 1 kg rumput laut yang diolah di UMKM	0,06	5
Sampah organik rumah tangga	±2 kg sampah organik per keluarga per hari	0,08	5,3



Perhitungan perkiraan energi listrik biogas kemudian dihitung dengan tiga langkah:

- menghitung produksi harian bahan organik,
- menghitung produksi biogas bahan organik,
- menghitung energi listrik yang dihasilkan, dengan angka efisiensi 35%

Diasumsikan terdapat tiga kondisi anggota sebuah koperasi di tiga tempat yang berbeda:

- pertama, anggota koperasi yang bekerja sebagai peternak sapi perah, dengan jumlah sapi mencapai 10 ekor;
- kedua, anggota koperasi yang bekerja di dekat pantai yang mengolah rumput laut *K. alvarezii* (ilustrasi budi daya Gambar 22) berupa industri UMKM pangan berkapasitas 150 kg per hari; dan
- ketiga, anggota koperasi yang berdekatan rumah tinggalnya, berjumlah 10 keluarga.

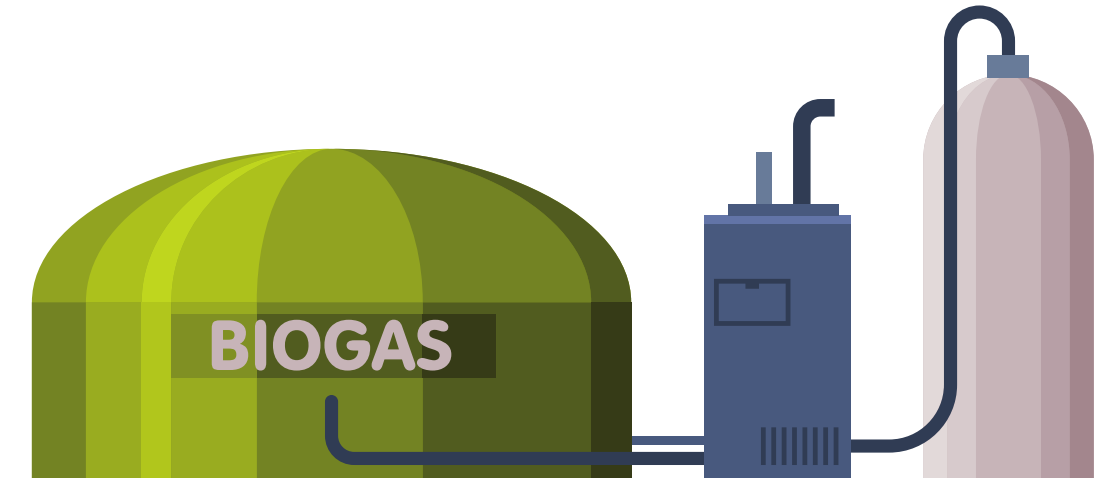


Gambar 22. Jaring panjang apung untuk budidaya rumput laut (*Kappaphycus alvarezii*) di Sulawesi Selatan, Indonesia²¹

Maka berdasarkan perhitungan dengan menggunakan Tabel 6 dan asumsi tiga kondisi tersebut di atas didapatkan produksi bahan organik, produksi biogas, dan energi listrik yang diperoleh secara harian, sebagaimana ditunjukkan Tabel 6.

Tabel 6. Produksi bahan organik, produksi biogas, dan energi yang dihasilkan, berdasarkan simulasi anggota koperasi

Bahan Baku	Produksi Harian	
Kotoran sapi	Bahan Organik (kg)	10 ekor sapi × 10 kg = 100 kg
	Biogas (m3)	100 kg × 0,03 m3/kg = 3,00 m3
	Listrik (kWh)	3,00 m3 × 5,5 kWh/m3 = 16,5 kWh
Limbah rumput laut (K. alvarezii)	Bahan Organik (kg)	35% × 150 kg = 52,5 kg
	Biogas (m3)	52,5 kg × 0,06 m3/kg = 3,15 m3
	Listrik (kWh)	3,15 m3 × 5,0 kWh/m3 = 15,75 kWh
Sampah organik rumah tangga	Bahan Organik (kg)	10 keluarga × 2 kg = 20 kg
	Biogas (m3)	20 kg × 0,08 m3/kg = 1,60 m3
	Listrik (kWh)	1,60 m3 × 5,3 kWh/m3 = 8,48 kWh



Sementara itu terdapat pula biomassa dalam bentuk padat seperti pelet dan sekam padi yang luas pemanfaatannya. Biomassa pelet adalah bahan bakar padat berbentuk butiran kecil (silinder) yang dibuat dari bahan organik seperti serbuk gergaji, tongkol jagung, jerami, dan limbah pertanian (Gambar 23). Sedangkan sekam padi (Gambar 24) adalah kulit padi yang terlepas saat penggilingan. Jumlahnya banyak di desa-desa penghasil gabah.



Gambar 23. Pelet kayu yang dibuat dari biomassa berupa kayu²²



Gambar 24. Sekam padi yang dimanfaatkan untuk energi panas²³

Pemanfaatan biomassa **berbentuk pelet lebih kompleks** dibandingkan pemanfaatan langsung biomassa karena pelet biomassa membutuhkan proses pengolahan sebelum digunakan: dari berbagai jenis biomassa menjadi pelet yang seragam bentuknya. Berbagai opsi pemanfaatan biomassa ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 7. Berbagai pilihan pemanfaatan biomassa sebagai sumber energi

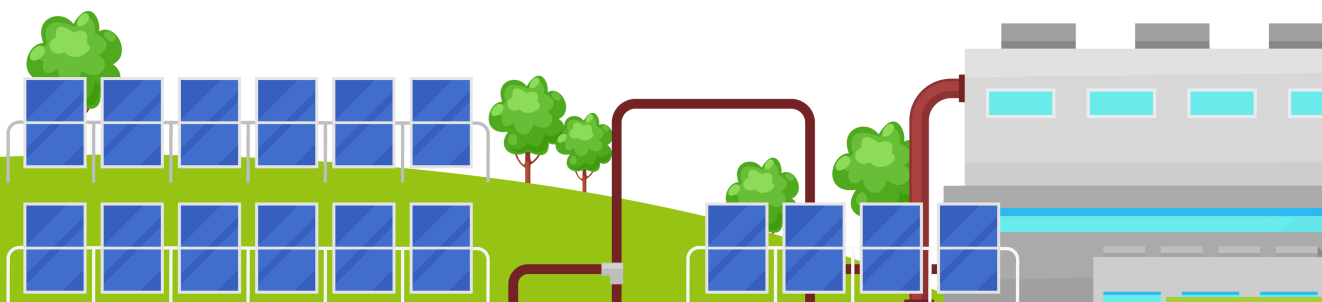
Pemanfaatan	Jenis Biomassa	Keterangan / Contoh
Kompur atau tungku memasak	Pelet & Sekam padi	Untuk dapur komunitas, usaha kuliner, pengganti LPG atau kayu bakar
Pengering hasil pertanian atau perikanan	Pelet & Sekam padi	Mengeringkan cabai, jahe, ikan asin, rumput laut, biji kopi, dll.
Pembangkit listrik skala kecil (PLTBm)	Terutama pelet	Untuk koperasi energi di desa, sistem boiler-turbin sederhana
Bahan bakar industri kecil	Pelet & Sekam padi	Usaha tahu-tempe, pengolahan gula aren, pemintalan, dll.
Pemanas air (hot water boiler)	Terutama pelet	Untuk koperasi peternakan, homestay, atau wisata desa
Peluang usaha baru (produksi pelet)	Semua biomassa kering	Menjadi lini usaha koperasi: produksi & jual pelet dari serbuk kayu, jerami, tongkol

Pemanfaatan biomassa **secara langsung dipilih untuk aktivitas yang sifatnya di tingkat lokal** sehingga tidak membutuhkan proses pengangkutan yang lama. Sedangkan **pemanfaatan pelet biomassa dipilih ketika** jenis biomasnya sangat beragam dan jumlahnya melimpah serta ada permintaan pelet yang stabil dari luar desa/komunitas. Pertimbangan teknis sederhana yang bisa dipakai oleh koperasi untuk memutuskan jenis pemanfaatan dapat dilihat di Tabel 8.

Tabel 8. Pertimbangan teknis sederhana pemanfaatan sumber energi biomassa

Pemanfaatan	Pertimbangan Teknis Sederhana
Kompur atau tungku memasak	- Pasokan biomassa (sekam atau pelet) tersedia stabil harian - Koperasi memiliki dapur komunitas atau usaha kuliner (misalnya katering, kantin, produksi makanan) - Teknologi seederhana dan bisa dibuat lokal

Pemanfaatan	Pertimbangan Teknis Sederhana
Pengering hasil pertanian	- Koperasi sering mengelola produk basah musiman seperti cabai, jahe, ikan, atau rumput laut - Lokasi memiliki keterbatasan sinar matahari langsung atau pengeringan matahari tidak cukup - Ada kebutuhan menjaga kualitas dan waktu pengeringan yang lebih konsisten
Pembangkit listrik (PLTBm)	- Biomassa tersedia dalam volume besar dan terpusat (misalnya dari penggergajian, penggilingan padi) - Komunitas membutuhkan listrik cadangan atau off-grid atau listrik untuk mengolah komoditas - Koperasi siap mengelola sistem dengan teknologi dan biaya operasional lebih tinggi
Bahan bakar industri kecil	- Koperasi mengelola atau mendukung unit usaha produktif (misal: tahu-tempe, gula aren, kerajinan) - Pasokan biomassa tersedia cukup terjangkau dan berkelanjutan - Teknologi sederhana atau sedang bisa disesuaikan dengan skala usaha
Pemanas air (boiler air panas)	- Koperasi bergerak di sektor peternakan (pembersihan), wisata (homestay), atau pengolahan pangan - Butuh air panas rutin dan stabil - Lokasi tidak memiliki akses energi murah seperti LPG atau listrik murah
Produksi pelet biomassa	- Lokasi memiliki limbah biomassa kering melimpah dan beragam jenisnya (serbuk gergaji, jerami, tongkol jagung, dll.) - Koperasi memiliki peralatan giling dan cetak atau bisa mengakses mesin - Ada pasar lokal atau regional yang membutuhkan pelet untuk pembakaran, pengering, atau energi





B.1.4. Asesmen Pemangku Kepentingan Teknologi

B.1.4.1. Komponen yang Dinilai

- Inovator lokal (tukang servis/teknisi lokal).
- SMK/ perguruan tinggi jurusan elektro atau kelompok pakar tertentu.
- Toko elektronika terdekat.
- Skema tata kelola dan pemeliharaan teknologi.

B.1.4.2. Output

Daftar mitra teknis potensial dan model tata kelola teknologi.

1. inovator lokal (tukang servis, teknisi, dll)
 2. SMK jurusan elektronika atau perguruan tinggi jurusan elektro atau kelompok pakar teknologi terdekat
 3. toko elektronika terdekat
 4. desain sosial untuk keberlanjutan teknologi
- prinsip tata kelola operasional dan pemeliharaan “semesta”
 - konsep pembiayaan jasa energi
 - penyusunan desain sosial

B.1.4.3. Deskripsi dan Langkah Teknis Inovator Lokal, Lembaga Pendidikan, dan Toko Elektronik

Bagian ini merupakan bagian penting dalam mengadopsi teknologi energi terbarukan (Bab B.1.2) untuk berbagai keperluan (Bab B.1.3). **Tanpa mengidentifikasi pemangku kepentingan teknologi** di tingkat lokal dan **menyiapkan tata kelolanya**, operasional dan pemeliharaan teknologi yang sifatnya wajib, bisa saja **tertunda** atau bahkan **tidak berlangsung**.

Sebagai gambaran pentingnya operasional dan pemeliharaan misalnya terkait dengan pemanfaatan PLTS. **Panel surya**, bagian penting dalam sistem PLTS, memiliki **usia teknis hingga 20-25 tahun**. Artinya, sekali belanja modal panel surya di depan, potensi manfaatnya mencapai 20 tahun lebih. Namun **tanpa skema operasional dan pemeliharaan serta tata kelola yang jelas**, pada kondisi tertentu **manfaat riilnya hanya beberapa bulan saja**. Ilustrasi pentingnya tata kelola pada sistem PLTS ditampilkan pada Gambar 25.

INOVATOR LOKAL, LEMBAGA PENDIDIKAN, dan TOKO ELEKTRONIK

Peran Utama dalam Teknologi Energi Terbarukan



INOVATOR LOKAL

Teknisi atau tukang servis lokal, peran utama dalam operasional dan pemeliharaan teknologi terbarukan



LEMBAGA PENDIDIKAN/ KEJURUAN

Lembaga yang mendukung peningkatan kapasitas dan penyusunan prosedur teknis



TOKO ELEKTRONIK

Sumber untuk membeli komponen cadangan dan cepat dan efisien

TATA KELOLA DAN OPERASIONAL Panel Surya



Usia teknis panel surya 20–25 tahun, manfaat jangka panjang, tapi tanpa tata kelola yang jolas, manfaat rill hanya bertahan beberapa bulan

Gambar 25. Ilustrasi pentingnya tiga komponen pemangku kepentingan teknologi terhadap sistem PLTS. Pada praktiknya pentingnya ketiga komponen itu berlaku untuk semua teknologi²⁴

Tiga komponen utama pemangku kepentingan teknologi adalah inovator lokal, lembaga pendidikan/kejuruan di bidang teknik atau sains-teknologi, dan keberadaan toko elektronika terdekat. **Inovator lokal** adalah seseorang di desa atau komunitas yang terbiasa atau bahkan mata pencahariannya adalah menjadi **tukang servis** atau **teknisi**, baik **barang elektronik** maupun **otomotif**. Inovator lokal berperan penting sebagai **tulang punggung operasional dan pemeliharaan** teknologi energi terbarukan: apakah dirinya sendiri yang akan melakukannya atau dilatih menjadi trainer untuk dapat mengajari orang lokal lainnya.

Selanjutnya, adalah identifikasi **lembaga pendidikan/kejuruan di bidang teknik atau sains-teknologi atau kelompok pakar** yang terdekat. Lembaga ini akan menjadi partner utama bagi koperasi untuk: **mendetailkan desain teknologi energi terbarukan** agar sesuai dengan konteks lokasi; **membantu proses pemilihan produk teknologi**; mengadakan **aktivitas peningkatan kapasitas** bagi **personel organisasi pengelola teknologi terbarukan**; **membantu menyusun prosedur standar** operasional dan pemeliharaan serta **mengawasi dan memberi saran praktis** (*troubleshooting*) dalam pelaksanaannya.

Sedangkan identifikasi toko elektronik terdekat berkaitan dengan masa operasional dan pemeliharaan yang sangat dinamis: jika sewaktu-waktu terjadi kerusakan minor, maka organisasi pengelola dapat **dengan cepat melakukan perbaikan dengan membeli komponen** yang diperlukan dari toko terdekat.

Selain itu, dengan mengidentifikasi toko elektronik ini, organisasi pengelola dapat **mengetahui seberapa lengkap toko tersebut** dalam menyediakan komponen. Untuk mengantisipasi kejadian kerusakan yang tiba-tiba, organisasi pengelola dapat **membeli secara online stok suku cadang** yang dibutuhkan atau yang diperkirakan mudah rusak.



Skema Tata Kelola Pemeliharaan Teknologi melalui Pembentukan Organisasi/Unit Usaha Pengelola Teknologi

Koperasi perlu menyusun organisasi/unit usaha di internal koperasi yang mempunyai fungsi spesifik: **mengelola teknologi energi terbarukan**. Idealnya, organisasi dibentuk sejak persiapan, yakni sebagai bagian dari koperasi yang **melakukan asesmen demand dan supply** serta menyusun proposal pembiayaan.

Proses pembentukan organisasi ini harus **partisipatif, inklusif, dan tidak ada yang ditinggalkan (no one left behind)** karena akan mengelola teknologi yang **manfaatnya dirasakan oleh semua anggota meskipun sumber energinya** boleh jadi terletak di **lahan yang dimiliki oleh salah satu atau beberapa anggota**. Kompleksitas relasi antara sebagai individu, sebagai anggota koperasi, dan sebagai sebuah lembaga koperasi dapat dilihat dari ilustrasi sebagai berikut.

Ketika memutuskan memanfaatkan sekam padi untuk sistem pengeringan produk pertanian/peternakan maka perlu disepakati secara berkeadilan melalui musyawarah beberapa hal detail seperti:

- sekam padi biasanya dimiliki oleh usaha penggilingan padi (individu atau kelompok atau koperasi), maka harus **disepakati harga jual sekam padi sebagai sumber energi**;
- mesin pengeringan harus disepakati peletakannya, misal: **a)** bangunan milik siapa (koperasi atau anggota/individu) dan apakah ada biaya sewanya atau tidak, atau **b)** membangun bangunan baru di atas lahan milik koperasi;
- siapa saja yang **boleh mengakses jasa pengeringan** tersebut (misal: karena keterbatasan kapasitas maka diprioritaskan untuk anggota koperasi) dan **berapa biaya yang harus dibayarkan** untuk mendapatkan jasa tersebut, apakah berbasis jumlah produk yang dikeringkan atau durasi waktu penggunaan mesin.
- detailnya akan berbeda ragam dan jenisnya, sesuai dengan teknologi energi terbarukan yang akan digunakan.



Organisasi/unit usaha tersebut dibentuk agar ada **bagian dari koperasi yang fokus** dalam mengelola kompleksitas terkait dengan penggunaan teknologi energi terbarukan. Termasuk dalam tata kelola tersebut adalah **pembagian kerja yang jelas**: ada yang **menjalankan operasional** dan **pemeliharaan teknologi**, ada yang **mencatat pembayaran jasa**, dan ada koordinator yang **mengorkestrasi dan bertanggung jawab untuk melaporkannya secara transparan dan transparan** kepada organisasi induknya, yakni koperasi.

Organisasi/unit usaha ini juga berfungsi **mengelola relasi dengan berbagai pihak**, terutama terkait dengan **jejaring keberlanjutan teknologi** (lembaga pendidikan/kejuruan). Selain itu, **bersama koperasi** (organisasi induk) organisasi/unit usaha ini juga bertugas memupuk komunikasi intens dengan **lembaga pembiayaan**, baik untuk **menyampaikan performa sebagai bentuk tanggung jawab**, maupun sebagai upaya **pengembangan skala teknologi**.



B.1.5. Teknik Penulisan Proposal Pembiayaan

B.1.5.1. Analisis Demand dan Supply

Isi pokok proposal pembiayaan untuk teknologi energi terbarukan adalah tentang analisis **permintaan dan pasokan energi**, yakni menghubungkan antara **kebutuhan energi masyarakat** dengan **ketersediaan energi terbarukan di lingkungan sekitar** masyarakat beraktivitas.

Pada bagian B.1.2. dan B.1.3. telah diberikan berbagai ilustrasi permintaan dan pasokan energi, sebagaimana dirangkum pada Tabel 9 yang menunjukkan tentang permintaan energi yang lebih kecil daripada ketersediaan energi.

Artinya, ilustrasi yang dipakai dalam modul ini adalah **asumsi sangat optimis** di mana **semua jenis energi terbarukan yang dihitung tersedia** di lokasi: ada potensi energi surya, ada potensi energi air, dan ada potensi energi bio sekaligus.

Realitas di lapangan sangat mungkin berbeda. Boleh jadi ada lokasi yang hanya mempunyai potensi energi surya saja. Tetapi bisa saja ada lokasi yang mempunyai potensi energi bio dan energi surya.

Tabel 9. Perbandingan Permintaan dan Suplai Energi (ilustrasi)

Permintaan		Suplai	
Listrik rumah tangga	1,60 kWh	Energi surya	67,50 kWh
Energi untuk produksi	1,55 kWh	Hidrokonetik	6,91 kWh
Energi memasak	2,56 kWh	Hidroelektrik	1.476,00 kWh
Energi untuk air bersih	0,53 kWh	Biogas kotoran sapi	16,50 kWh
		Biogas limbah rumput laut	15,75 kWh
		Biogas sampah organik	8,48 kWh

Perlu menjadi catatan penting tentang pemenuhan permintaan dengan suplai energi yang tersedia: **hindari memenuhi kebutuhan energi panas dengan listrik**. Catatan ini terkait dengan proses perubahan energi cahaya ke listrik dan ke panas yang tidak efisien.

Sebagai contoh, listrik energi surya yang potensinya mencapai 67,50 kWh **tidak serta merta** dapat memenuhi kebutuhan memasak harian 25 keluarga karena kebutuhan energinya hanya 2,56 kWh per hari per keluarga. Penggunaan listrik untuk memasak membutuhkan teknologi berupa kompor listrik yang membutuhkan daya besar.

Energi **listrik dari surya** dan **air** akan **cocok untuk menyuplai** kebutuhan energi **listrik rumah tangga, produksi, dan air bersih**. Sedangkan **energi bio** dapat mencakup semua jenis permintaan: dapat digunakan untuk **membangkitkan listrik** (rumah tangga, produksi, dan air bersih) sekaligus dimanfaatkan langsung panasnya untuk memasak.

Prinsip pokok lainnya dalam analisis *demand* dan *supply* adalah: **tidak semuanya harus sekarang**. Prinsip ini dimaknai bahwa **tidak semua permintaan harus dipenuhi saat ini dan tidak seluruh potensi suplai yang tersedia harus diwujudkan sekarang**. Sebagian permintaan sangat memungkinkan untuk dipenuhi dengan sebagian potensi suplai yang tersedia.

Permintaan listrik rumah tangga misalnya, meskipun *hanya* 1,6 kWh per hari, nilainya menjadi besar ketika dikalikan dengan jumlah masyarakat yang ada di sebuah komunitas. Artinya pemenuhan 100 persen kebutuhan listrik di sebuah komunitas membutuhkan suplai energi yang sama besarnya dan berdampak pada nilai investasi yang besar.

Catatan penting lain terkait pemenuhan listrik rumah tangga dengan teknologi energi terbarukan yang sifatnya terpusat (satu pembangkit kemudian didistribusikan ke rumah-rumah) adalah harus ketat dalam pembagian dan penggunaan energi, karena keterbatasan sumber energi. Pada titik ini, sosialisasi yang terus menerus kepada pengguna menjadi penting dan jika perlu dijadikan sebagai syarat bagi yang mau menggunakan teknologi energi terbarukan.

Koperasi dan organisasi/unit usaha perlu mempertimbangkan banyak hal dalam memilih teknologi, di antaranya karakteristik permintaan, jumlah potensi, dan kesiapan pembiayaan. Berkorespondensi dengan lembaga pendidikan/kejuruan

menjadi penting dalam proses pemilihan teknologi. Tabel 10 menunjukkan beberapa tips yang perlu menjadi perhatian dalam melakukan pemilihan teknologi.

Tabel 10. Beberapa catatan dan tips penting dalam memilih teknologi

Jenis Permintaan	Pemilihan Teknologi
Listrik rumah tangga	• Energi surya menjadi pilihan paling memungkinkan, kecuali ketika jumlah rumah tangganya banyak: perlu dihitung kembali karena bebannya besar. • Energi hidroelektrik adalah pilihan tepat lainnya jika potensinya tersedia
Energi untuk produksi	• Penggunaan energi untuk produksi dan air bersih sifatnya tidak konstan 24 jam, sehingga energi surya dan energi biomassa (Tabel 8) menjadi relevan • Energi surya, hidrokinetik, dan hidroelektrik juga memungkinkan untuk didayagunakan. • Pemenuhan energi untuk produksi dan
Energi untuk air bersih	
Energi untuk memasak	• Energi biogas dan energi biomassa (Tabel 8) menjadi relevan untuk memenuhi permintaan memasak, apalagi konteksnya memasak untuk skala besar.



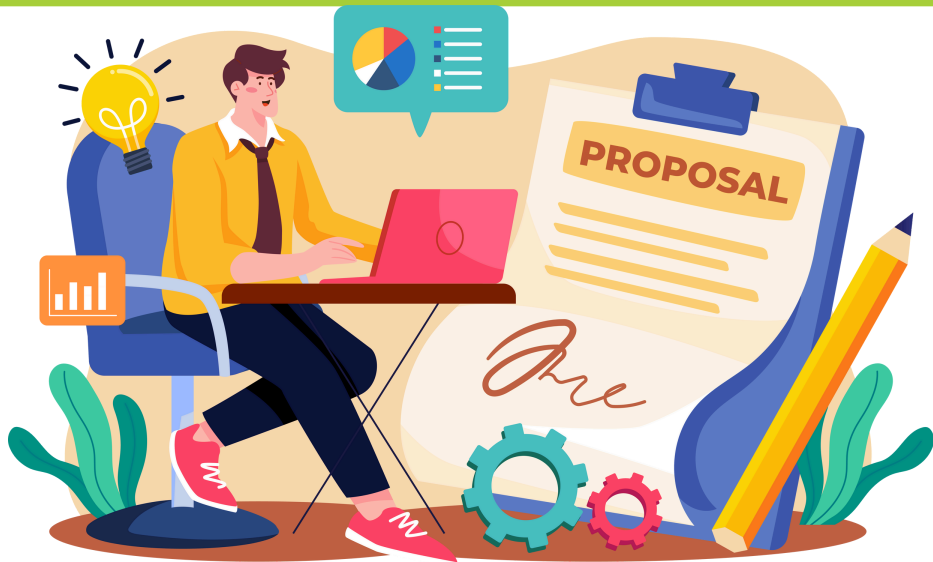
B.1.5.2. Perhitungan pembiayaan

Pembiayaan menjadi hal penting dalam sebuah proposal koperasi untuk mengembangkan energi terbarukan. Koperasi atau organisasi/unit usaha bisa menggunakan harga pembangkitan per daya yang tersedia di banyak sumber, seperti yang ditampilkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Perkiraan nilai investasi yang dibutuhkan untuk tiga teknologi energi terbarukan

Sumber Energi	Harga Pembangkitan per kW (IDR)	Keterangan
PLTS	Rp13.000.000 - Rp25.000.000	Bergantung pada jenis panel dan skala proyek.
Hidrokinetik/ Hidroelektrik Kecil (PLTMH)	Rp16.000.000 - Rp17.000.000 per kW	Untuk kapasitas 40–50 kW.
Biogas	USD 1.058 - USD 2.700 per kW (~Rp15,8 juta - Rp40,5 juta per kW)	Bergantung pada jenis biogas (kotoran, sampah, dll.).

Faktor lain yang perlu diperhatikan adalah kemampuan bayar masyarakat yang terkait erat dengan pembayaran jasa energi kepada koperasi. Data asesmen tentang harga listrik dan energi panas (LPG) yang dibayar masyarakat menjadi relevan karena biaya jasa teknologi energi terbarukan harus dirancang sesuai dengan kemampuan masyarakat: sama dengan biaya energi sebelumnya atau jika memungkinkan dibuat lebih rendah. Opsi harga energi yang lebih tinggi daripada sebelumnya juga memungkinkan jika sistemnya menawarkan layanan yang lebih baik dibandingkan layanan energi sebelumnya.



B.1.5.3. Penulisan Proposal

Menyusun **proposal pembiayaan energi terbarukan** untuk koperasi memang membutuhkan perencanaan yang matang, agar proyek energi terbarukan ini bisa terwujud dengan baik dan memberi manfaat untuk anggota koperasi serta masyarakat sekitar. Berikut adalah langkah-langkah praktikal yang perlu diikuti dalam membuat proposal yang jelas dan mudah dipahami.

Contoh kerangka proposal yang baik adalah sebagai berikut:

1. **Pendahuluan.** Merupakan penjelasan tujuan, manfaat, dan jika konteksnya penting adalah sejarah tentang koperasi hijau, yakni cerita latar belakang berdirinya koperasi hijau (atau jika dari koperasi biasa: mengapa dan bagaimana koperasi bertransformasi menjadi koperasi hijau).
2. **Lanskap (Bentang Alam) dan Lifescape (Bentang Sosial).** Bagian ini adalah penjelasan tentang keadaan alam dan sosial di mana koperasi hijau bergerak, sehingga potensi *demand* (kehidupan sosial dan ekonomi sehari-hari di berbagai sektor yang membutuhkan energi) dan potensi *supply* (pasokansumber energi) dapat dipahami konteksnya.
3. **Analisis Demand (Kebutuhan) dan Supply (Pasokan) Energi.** Bagian ini menggambarkan kebutuhan energi yang perlu untuk dipenuhi (*demand*) dan bagaimana pemenuhan energi itu berlangsung (*supply*).
4. **Opsi Teknologi dan Pembiayaannya.** Bagian ini merupakan penjelasan tentang apa saja opsi yang bisa diambil berdasarkan kebutuhan energi (*demand*) dan ketersediaan pasokannya (*supply*) serta berapa dan bagaimana opsi teknologi itu akan dibiayai dari berbagai sumber.
5. **Tata Kelola Teknologi.** Bagian ini merupakan penjelasan tentang bagaimana teknologi tersebut akan dikelola, yang di dalamnya tercakup tentang manajemen risiko dan keberlanjutan, dukungan komunitas dan kebijakan, serta pengukuran dampak dan pelaporan.

CONTOH KERANGKA PROPOSAL



Pendahuluan

Penjelasan tujuan, manfaat, dan sejarah tentang koperasi hijau



Lanskap (Bentang Alam) dan Lifescape (Bentang Sosial)

Penjelasan tentang keadaan alam dan sosial di mana koperasi hijau bergerak



Analisis Demand (Kebutuhan) dan Supply (Pasokan) Energi

Menggambarkan kebutuhan energi dan pemenuhannya (supply)



Opsi Teknologi dan Pembiayaannya

Penjelasan opsi teknologi berdasarkan kebutuhan energi dan ketersediaan pasokannya (supply)



Tata Kelola Teknologi

Penjelasan tentang pengelolaan teknologi, dukungan komunitas, pengukuran dampak, dan pelaporan

Gambar 26. Info grafis contoh kerangka proposal²⁵

Menjelaskan Tujuan dan Manfaat Koperasi Hijau

Langkah pertama adalah menjelaskan apa yang ingin dicapai oleh koperasi energi ini. Tujuan koperasi energi adalah untuk menyediakan sumber energi terbarukan yang terjangkau, berkelanjutan, dan efisien untuk anggotanya.

Poin Praktikal:

- Jelaskan **manfaat langsung** yang akan diterima anggota koperasi, seperti mengurangi tagihan listrik.
- Jelaskan juga manfaat **jangka panjang**, misalnya menciptakan lapangan kerja baru atau mendukung keberlanjutan lingkungan.

Analisis Kebutuhan Energi (*Demand*) dan Suplai (*Supply*)

Setelah tujuan koperasi jelas, selanjutnya kita menganalisis **kebutuhan energi** di wilayah tersebut. Misalnya, untuk rumah tangga, usaha kecil, atau kebutuhan air bersih. Setelah itu, tentukan sumber energi yang tepat untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Apakah menggunakan **panel surya** untuk rumah tangga, atau **biogas** untuk memasak?

Poin Praktikal:

- Gunakan data nyata tentang **konsumsi energi** di area koperasi. Misalnya, "Setiap rumah tangga membutuhkan 1,6 kWh per hari."
- Tentukan jenis teknologi yang sesuai dengan sumber daya yang ada. Jika banyak sinar matahari, mungkin panel surya bisa jadi pilihan utama.
- Gunakan Bagian B.1.2. dan B.1.3. sebagai acuan teknis.

Desain Teknologi dan Infrastruktur

Langkah berikutnya adalah menggambarkan desain **teknologi energi terbarukan** yang akan digunakan. Misalnya, jika menggunakan panel surya, sebutkan berapa banyak panel yang diperlukan untuk mencapai kapasitas energi yang diinginkan. Tentukan juga bagaimana sistem distribusi energi akan berjalan dan apakah diperlukan sistem **penyimpanan energi**. Langkah ini membutuhkan pendampingan dari lembaga pendidikan/kejuruan atau kelompok pakar terdekat.

Poin Praktikal:

- Hitung jumlah **panel surya** yang diperlukan (misalnya, untuk 30 kW, kita butuh 100 panel dengan kapasitas 300 W per panel).
- Tentukan lokasi dan bagaimana instalasi akan dilakukan di lahan yang tersedia.

Rencana Pembiayaan dan Proyeksi Keuangan

Bagian ini sangat penting karena akan menunjukkan **berapa dana yang dibutuhkan** untuk membangun proyek ini dan bagaimana dana tersebut akan digunakan. Tentukan juga dari mana sumber dana akan berasal, apakah dari **investor, lembaga pembiayaan pemerintah**, atau **dana koperasi** itu sendiri. Jelaskan juga bagaimana koperasi akan mengelola uang yang diterima.

Poin Praktikal:

- Buat **rincian biaya** yang jelas: berapa biaya untuk membeli panel surya, instalasi, sistem penyimpanan, dan biaya operasional.
- Tampilkan **proyeksi pendapatan** koperasi, misalnya, dari penjualan energi kepada anggota koperasi.
- Jelaskan **proyeksi pengembalian investasi (ROI)**, berapa lama waktu yang diperlukan untuk mencapai **break-even point**.

Manajemen Risiko dan Keberlanjutan

Proyek energi terbarukan tentu memiliki risiko. Misalnya, ada kemungkinan biaya operasional yang lebih tinggi dari yang diperkirakan atau ada kendala dalam pemasangan teknologi. Oleh karena itu, penting untuk menyusun rencana mitigasi risiko, seperti **perawatan sistem, pelatihan teknisi lokal**, atau **persiapan menghadapi perubahan regulasi**.

Poin Praktikal:

- Identifikasi **risiko teknis**, seperti kerusakan pada panel surya, dan bagaimana cara mengatasinya.
- Tentukan bagaimana koperasi akan **memantau kinerja** sistem dan memperbaiki jika ada masalah.



Dukungan Komunitas dan Kebijakan

Salah satu kunci sukses proyek koperasi hijau adalah adanya **dukungan dari masyarakat** dan **stakeholder lokal**. Sebutkan bagaimana koperasi akan melibatkan komunitas dalam proses ini, apakah melalui **pelatihan**, **partisipasi dalam keputusan** proyek, atau **pembiayaan bersama**. Selain itu, sebutkan juga **kebijakan pemerintah** yang mendukung energi terbarukan dan bagaimana koperasi dapat memanfaatkan insentif yang ada.

Poin Praktikal

- Libatkan masyarakat dalam **perencanaan dan pengelolaan** energi terbarukan, seperti melibatkan mereka dalam **pembentukan kelompok kerja** atau **pemilihan lokasi**.
- Jelaskan program atau **subsidi pemerintah** yang dapat mendukung pembiayaan dan pengembangan teknologi.
- **Kesepakatan tentang harga energi yang berkeadilan** (pembayaran dari pengguna jasa energi dan subsidi bagi kelompok yang tidak mampu) menjadi hal yang krusial untuk dijelaskan dalam proposal.



BAGIAN C: PANDUAN REPLIKASI PELATIHAN

C.1. Panduan Menyusun Materi Latihan

- Gunakan pendekatan lokal dan konteks peserta
- Rancang sesi berbasis studi kasus nyata
- Buat alat bantu visual dan template yang mudah digunakan

C.2. Tips Fasilitas Interaktif dan Inklusif

- Gunakan metode diskusi berpasangan, kelompok kecil, dan pleno
- Kombinasikan aktivitas refleksi individu dengan kerja tim
- Dorong semua peserta menyuarakan pendapat

C.3. Manajemen Dinamika Peserta Pelatihan

- Perhatikan peserta dominan dan peserta pasif
- Lakukan ice breaking dan energizer sesuai kebutuhan
- Pantau dinamika emosional dan fisik peserta

C.4. Tools dan Media yang Dapat Digunakan

- Kartu studi kasus, video singkat, papan flipchart, sticky notes
- Alat digital: Mentimeter, Google Jamboard, Canva
- Buku kerja peserta sebagai panduan aktivitas

C.5. Evaluasi dan Refleksi Hasil Pelatihan

- Kuesioner pre dan post training
- Sesi refleksi di akhir hari
- Kegiatan menyusun komitmen pribadi/kelompok

BAGIAN D: LAMPIRAN

D.1. Template Tabel untuk Menghitung Konsumsi Listrik

No.	Alat Elektronik	Daya Alat (W atau Watt)	Durasi Penggunaan (Jam)	Energi (Watt-jam atau Watt-hour/Wh)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Jumlah				

D.2. Template Tabel untuk Mencatat Kecepatan Aliran Air

Pengukuran ke-	Waktu Tempuh (detik)		
	Tengah	Tepi 1	Tepi 2
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
Rata-rata			
Rata-rata Total			

D.3. Template Proposal Pembiayaan

1. Pendahuluan

- 1.1. Perjalanan Koperasi Hijau
- 1.2. Tujuan dan Manfaat Koperasi Hijau

2. Lanskap (Bentang Alam) dan *Lifescape* (Bentang Sosial)

2.1. Lanskap (Bentang Alam)

Misal: batas desa, keberadaan sungai dan pemanfaatannya, keberadaan lahan dan pemanfaatannya, keberadaan laut dan pemanfaatannya.

2.2. *Lifescape* (Bentang Sosial)

Misal: demografi, mata pencaharian, pemenuhan kebutuhan pokok (air, listrik, pangan, dan bahan bakar memasak)

3. Analisis *Demand* (Kebutuhan) dan *Supply* (Pasokan) Energi

- 3.1. Asesmen *Demand* (Kebutuhan) Energi
- 3.2. Asesmen *Supply* (Pemenuhan) Energi
- 3.3. Asesmen Pemangkut Teknologi
- 3.4. Analisis *Demand* dan *Supply* Energi

4. Opsi Teknologi dan Pembiayaannya

- 4.1. Kelayakan *Demand* dan *Supply*
- 4.2. Pilihan Teknologi
- 4.3. Pembiayaan Teknologi

5. Tata Kelola Teknologi

- 5.1. Manajemen risiko dan keberlanjutan
- 5.2. Dukungan komunitas dan kebijakan
- 5.3. Pengukuran dampak dan pelaporan



Endnotes

1. Diunduh dari <https://www.bbc.com/indonesia/indonesia-50184425>
2. Dokumentasi KEMALA (Konsorsium untuk Energi Mandiri dan Lestari)
3. Dokumentasi KEMALA (Konsorsium untuk Energi Mandiri dan Lestari)
4. Dokumentasi KEMALA (Konsorsium untuk Energi Mandiri dan Lestari)
5. Diproduksi oleh ChatGPT
6. Diproduksi oleh ChatGPT
7. Dokumentasi KEMALA (Konsorsium untuk Energi Mandiri dan Lestari)
8. Dokumentasi KEMALA (Konsorsium untuk Energi Mandiri dan Lestari)
9. Diunduh dari <https://beritabeta.com/plts-pulau-tiga-diresmikan-warga-nusaela-sudah-bisa-nikmati-listrik-24-jam?page=3>
10. Diunduh dari <https://www.detik.com/bali/bisnis/d-7872281/plts-atap-kian-diminati-di-bali-efisiensi-capai-30-persen>
11. Diunduh dari <https://wisataedukatif.wordpress.com/2012/08/11/kincir-angin-pantai-baru/>
12. Diunduh dari <https://kilassulawesi.com/2022/12/pltb-sidrap-capai-produksi-energi-bersih-terbarukan-sebanyak-1-000-gwh>
13. Direproduksi oleh ChatGPT yang gambarnya diunduh dari <https://www.nepalibazar.com/detail-m-37-p-427-n-Micro+Hydropower+Monitoring.html>
14. Direproduksi oleh ChatGPT yang gambarnya diunduh dari <https://www.kajianpustaka.com/2016/10/pembangkit-listrik-tenaga-mikro-hidro.html>
15. Direproduksi oleh ChatGPT yang gambarnya diunduh dari Anmona, & Pranti, Anmona & Md Shahed Iqubal, Arif & Saifullah, A Z A. (2014), Conceptual Design of Solar-micro Hydro Power Plant to Increase Conversion Efficiency for Supporting Remote Tribal Community of Bangladesh, American Journal of Engineering Research (AJER), Volume-03, pp-167.
16. Diunduh dari <https://geneq.com/environment/fr/produit/global-water/courantometre-2100>
17. Diproduksi oleh ChatGPT
18. Diunduh dari <https://www.e-education.psu.edu/earth111/node/864>
19. Yayasan Rumah Energi



Endnotes

20. Diunduh dari <https://dengarden.com/misc/how-to-build-a-bio-digester-septic-tank>
21. Diunduh dari Tarman, Kustiariyah & Sadi, Uju & Santoso, Joko & Hardjito, Linawati & Kim, Professor, (2020), Carrageenan and its Enzymatic Extraction, 147-159, 10.1002/9781119143802.ch7.
22. Diunduh dari <https://www.rajawaliparquet.com/mengenal-pelet-kayu/>
23. Diunduh dari <https://yogya.inews.id/berita/sekam-padi-bisa-dimanfaatkan-untuk-energi-biomassa-yang-ramah-lingkungan>
24. Diproduksi oleh ChatGPT
25. Diproduksi oleh ChatGPT



Reaktor Biogas



Yayasan Rumah Energi

Tanjung Barat Indah, Jl. Teratai VIII No.2 Blok L RT.04/RW.02
Tanjung Barat, Jagakarsa, Jakarta Selatan 12530

Phone : (021) 7821086

Email : info@rumahenergi.org

www.rumahenergi.org