



# ENERGI BERSIH BUKU PEDOMAN

UNTUK LEMBAGA JASA KEUANGAN



..... BUKU PEDOMAN .....

# ENERGI BERSIH

UNTUK LEMBAGA JASA KEUANGAN



2014

## KATA PENGANTAR



Ketua Dewan Komisiner OJK  
Muliaman D Hadad

Pertumbuhan ekonomi yang telah kita nikmati, harus terus dijaga agar dapat berlangsung secara berkelanjutan. Orientasi pertumbuhan ekonomi yang terfokus pada jangka pendek, dalam beberapa hal memiliki dampak negatif yang baru dirasakan dalam horizon waktu yang lebih panjang. Permasalahan untuk pembangunan yang berkelanjutan terutama bagi Indonesia adalah termasuk belum terdapatnya perhatian yang serius tentang tantangan masa depan yaitu: penanganan limbah industri, ancaman pemanasan global, langkanya sumber energi, air, kesenjangan sosial masyarakat beserta peluang bisnis yang dapat tercipta dari tantangan tersebut.

Dari berbagai permasalahan tersebut di atas maka pertumbuhan yang berkelanjutan bagi sebuah bangsa perlu didukung dengan sebuah sistem keuangan yang berkelanjutan. Keuangan berkelanjutan (*sustainable finance*) dapat didefinisikan sebagai dukungan menyeluruh dari Industri Jasa Keuangan untuk Pertumbuhan Berkelanjutan yang dihasilkan dari keselarasan antara kepentingan 3P, yaitu ekonomi (*profit*), sosial (*people*) dan lingkungan (*planet*). Dengan menjalankan keuangan berkelanjutan diharapkan dapat secara strategis meningkatkan investasi pada bidang energi terbarukan, energi efisiensi dan proyek-proyek pencegahan pencemaran lingkungan. Beberapa negara seperti Jerman, Amerika, Cina dan India, pemerintahannya telah memberikan insentif dan dukungan yang besar untuk berinvestasi pada beberapa sektor strategis seperti industri manufaktur yang rendah karbon, energi terbarukan, dan energi efisiensi. Dukungan yang besar tersebut terutama karena mampu meningkatkan ekspor produk dan jasa yang ramah lingkungan dan efisien.

Cina pada tahun 2011 telah menginvestasikan USD 45,5 Miliar untuk energi rendah karbon, dan Cina memenuhi pangsa 20,2% sebagai pemasok energi rendah karbon dari negara-negara G-20. India mengenakan tarif pajak 15% atas penggunaan/konsumsi energi terbarukan. Pajak tersebut merupakan 50% lebih rendah dibandingkan jika menggunakan energi konvensional (minyak bumi, gas bumi, dan batu bara). Pada tahun 2011 sektor energi rendah karbon India mengalami pertumbuhan tercepat kedua di G-20 dengan investasi meningkat 54% menjadi USD 10,2 Miliar. Amerika Serikat (AS) merupakan investor nomor satu dalam energi rendah karbon dan menggunakan pajak untuk merangsang investasi energi terbarukan. AS pada tahun 2011 telah melakukan investasi energi rendah karbon tumbuh sebesar 42% menjadi USD 48,1 Miliar dan untuk pertama kalinya Amerika Serikat telah menginstal 1 Gega Watt kapasitas surya dalam setahun. Jerman memiliki target pada tahun 2020 agar 23% konsumsi energi bumi dan 10% bahan bakar transportasi menggunakan energi terbarukan, dan sampai dengan tahun 2010 Jerman telah menginvestasikan USD 35,42 Miliar pada sektor-sektor yang ramah lingkungan.

Terdapat inisiatif global dari beberapa lembaga keuangan di dunia internasional yang telah dibentuk untuk mendukung pembangunan berkelanjutan diantaranya adalah *The Equator Principles* (TEP) yang diikuti 70 institusi keuangan dengan berkomitmen diantaranya adalah tidak akan memberikan pinjaman kepada proyek bernilai USD 10 Juta atau lebih jika calon debiturnya tidak mematuhi aturan-aturan sosial dan lingkungan yang berlaku dan untuk mengikuti prosedur yang ditetapkan oleh TEP. *United*

*Nations Environment Programme – Finance Initiative* (UNEP-FI) yang didirikan sejak tahun 1972 sampai dengan 2013 telah memiliki anggota lebih dari 200 lembaga keuangan termasuk 2 (dua) bank dari Indonesia yaitu BNI dan Bank Jabar Banten. Inisiatif dari internasional lainnya adalah *Global Reporting Initiative* (GRI). Pedoman GRI diadopsi dari *the UN Environment Programme* (penyandang dana dari *UN Development Fund*), merupakan salah satu pedoman dalam menyusun laporan keberlanjutan. Laporan keberlanjutan merupakan bentuk laporan yang dilakukan oleh suatu perusahaan dalam rangka untuk mengungkapkan (*disclose*) atau mengkomunikasikan kepada seluruh pemangku kepentingan mengenai kinerja ekonomi, lingkungan dan sosial masyarakat secara akuntabel. Sedangkan inisiatif dari Indonesia sebagai kewajiban perusahaan/industri yang telah *go public* untuk menyiapkan laporan keberlanjutan juga telah diatur pada Pasal 66 ayat 2 Undang-Undang No.40 Tahun 2007 tentang Perseroan Terbatas. Inisiatif lainnya dari Indonesia adalah terdapat sebuah program Pemerintah RI yang telah ditetapkan dalam Peraturan Presiden No. 61 tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Gerakan Rumah Kaca (RAN GRK). Hal ini didorong karena Indonesia telah berkomitmen untuk menurunkan emisi karbon sebesar 26% sampai dengan tahun 2020 (*Kyoto Protocol*). Penerapan program RAN GRK sejalan dengan keuangan berkelanjutan dimana tidak hanya mengharapkan Lembaga Jasa Keuangan (LJK) untuk menerapkan prinsip-prinsip keuangan berkelanjutan pada lembaganya masing-masing, namun juga diharapkan masing-masing LJK tersebut melakukan pembiayaan ataupun penempatan dananya pada sektor ekonomi strategis yang ramah lingkungan hidup.

Upaya untuk mengembangkan keuangan berkelanjutan, khususnya untuk energi bersih dan energi terbarukan akan terus dilakukan seiring dengan tantangan Indonesia untuk mencapai target penurunan emisi karbon. Tantangan untuk mendorong penggunaan energi bersih dan energi terbarukan semakin terasa dengan pergerakan harga minyak bumi. Data statistik menunjukkan bahwa porsi pembiayaan perbankan sebagian besar disalurkan pada sektor manufaktur, perdagangan dan lain-lain, termasuk didalamnya pembiayaan sektor konsumsi. Untuk menghasilkan pertumbuhan yang berkesinambungan perlu dilakukan upaya untuk mendorong pembiayaan pada sektor sektor yang mempunyai multiplier effect tinggi seperti pertanian, industri pengolahan, infrastruktur, energi dan UMKM. Dalam jangka panjang, penyaluran kepada industri sektor strategis dengan konsep pembiayaan berkelanjutan diharapkan akan mendorong tumbuhnya ekonomi secara berkelanjutan yang pada akhirnya akan memberikan pasar yang lebih besar bagi lembaga jasa keuangan. Pasar yang lebih besar akan tercipta seiring dengan pertumbuhan ekonomi yang dihasilkan yang kemudian akan memberikan dampak positif terhadap keberlangsungan Lembaga Jasa Keuangan pada khususnya dan diharapkan juga dapat mengurangi defisit neraca pembayaran Indonesia.

Sebagai upaya untuk mendorong pembiayaan berkelanjutan dikarenakan adanya kendala kemampuan Sumber daya Manusia (SDM) Indonesia belum cukup kompeten untuk menilai sektor ekonomi strategis, beberapa inisiatif yang sedang dan akan dilakukan oleh Otoritas Jasa Keuangan (OJK) bekerjasama dengan pihak pihak terkait baik nasional maupun internasional antara lain untuk: (i) Meningkatkan kemampuan SDM LJK untuk mengelola risiko yang berkaitan dengan lingkungan hidup. (ii) Meningkatkan daya saing LJK menyangkut kemampuan untuk mendanai bisnis-bisnis yang terkait dengan perlindungan lingkungan; (iii) Memberi ruang persaingan untuk meningkatkan portofolio kredit/pembiayaan di sektor ekonomi prioritas yang mendukung kegiatan perlindungan lingkungan; dan (iv) meningkatkan *awareness* dan perubahan paradigma (*mindset*) dalam pembangunan nasional dari *greedy economy* menuju *green economy*.

OJK selaku otoritas pengawas LJK, telah melakukan koordinasi dan kerjasama dengan kementerian terkait seperti Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) serta dengan lembaga internasional yang memiliki

kesamaan tujuan untuk mendorong pembangunan berkelanjutan melalui keuangan berkelanjutan. Buku Pedoman Energi Bersih merupakan hasil kerjasama OJK dan United States Agency for International Development (USAID) untuk program *sustainable finance* di Indonesia dalam rangka membantu Lembaga Jasa Keuangan untuk menilai proyek proyek energi bersih (*Clean Energy*) dan energi terbarukan (*renewable energy*) seperti minihidro, biogas, biomassa, fotovoltaik dan tenaga angin. OJK sangat mendukung USAID untuk penerbitan buku Pedoman Energi Bersih, karena dapat meningkatkan kompetensi SDM LJK dalam menganalisa kelayakan proyek pada sektor-sektor strategis yang ramah lingkungan hidup. OJK menyambut baik keterlibatan lembaga internasional untuk mendukung inisiatif keuangan berkelanjutan.

Akhir kata, semoga segala upaya kita dalam membangun bangsa ini dengan keuangan berkelanjutan memperoleh petunjuk serta kemudahan dari Allah SWT. Sekian dan terima kasih.

Jakarta, Oktober 2014

# DAFTAR ISI

.....	<i>BAB 1</i>	.....
PENDAHULUAN TENTANG ENERGI BERSIH		
( 1 )		
.....	<i>BAB 2</i>	.....
PERATURAN ENERGI BERSIH		
( 16 )		
.....	<i>BAB 3</i>	.....
SKEMA PEMBIAYAAN UNTUK PROYEK ENERGI TERBARUKAN SKALA KECIL		
( 32 )		
.....	<i>BAB 4</i>	.....
PENDEKATAN ICED UNTUK MENGEVALUASI PROYEK ENERGI BERSIH		
( 48 )		
.....	<i>BAB 5</i>	.....
LISTRIK TENAGA MINI HIDRO (PLTMH)		
( 78 )		
.....	<i>BAB 6</i>	.....
LISTRIK TENAGA BIOGAS		
( 110 )		
.....	<i>BAB 7</i>	.....
LISTRIK TENAGA BIOMASSA		
( 152 )		
.....	<i>BAB 8</i>	.....
LISTRIK TENAGA SURYA FOTOVOLTAIK		
( 170 )		
.....	<i>BAB 9</i>	.....
LISTRIK TENAGA ANGIN/BAYU		
( 202 )		

## DAFTAR SINGKATAN

AAM	Armstrong Asset Management
AD	Anaerobic Digestion (Pencernaan Anaerobik)
ADB	Asian Development Bank (Bank Pembangunan Asia)
CDM	Clean Development Mechanism (Mekanisme Pembangunan Bersih)
CER	Certified Emission Reduction
CHP	Combined Heat And Power (Gabungan panas dan listrik)
COD	Chemical Oxygen Demand (Permintaan oksigen kimia)
COD	Commercial Operation Date (Tanggal operasi komersial)
CNG	Compressed Natural Gas (Gas alam bertekanan)
CSTR	Continuously Stirred Tank Reactor (reaktor tangki yang digerakkan terus menerus)
DGNREEC	Directorate General of New and Renewable Energy and Energi Conservation (Direktorat Jeneral Energi Baru dan Terbarukan dan Konservasi Energi)
EHS	Environmental Health Safety (Keselamatan kerja dan lingkungan lingkungan)
EIA	Environmental Impact Assessment (Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup)
EPC	Engineering Procurement Construction (Konstruksi pengadaan teknik)
FIT	Feed-In Tariff (Tarif beli)
FS	Feasibility Study (Studi Kelayakan)
GHG	Greenhouse Gas (Gas Rumah Kaca)
ICED	Indonesia Clean Energi Development (Pengembangan Energi Bersih Indonesia)
IDC	Interest During Construction (Bunga pinjaman selama masa konstruksi)
IDI	Industrial Decisions Inc.
IFC	International Finance Corporation
IIF	Indonesia Infrastructure Finance (PT Penjaminan Infrastruktur Indonesia)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Panel Antarpemerintah Mengenai Perubahan Iklim)
IPP	Independent Power Producer (Penghasil Listrik Mandiri)
IRR	Internal Rate of Return (Tingkat imbal hasil internal)
JICA	Japan International Cooperation Agency
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt Hour (Kilowatt per jam)
LFG	Landfill gas (Gas landfill)
LIBOR	London International Bank Offered Rate (Tingkat suku bunga internasional acuan London)
MCF	Methane Conversion Factor (Faktor konversi gas metana)
MEMR	Ministry of Energi and Mineral Resources (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral)
MHP	Mini-Hydro Power (Pembangkit listrik Tenaga Mini Hydro)
MSW	Municipal Solid Waste (Limbah padat perkotaan)
MW	Megawatt
NI	Nusantara Infrastructure
NPV	Net Present Value (nilai bersih saat ini)
O&M	Operation and Maintenance (Operasional dan Pemeliharaan)
PLTMH	Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (1-10 MW)
PLN	Perusahaan Listrik Negara
POM	Palm oil mill (pabrik kelapa sawit)
POME	Palm oil mill effluent (Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit)
PPA	Power Purchase Agreement (Perjanjian Pembelian Tenaga Listrik)
PPP	Public-private partnership (Kemitraan Pemerintah Swasta)
RIKEN	Rencana Induk Konservasi Energi (General Plan of Energy Conservation)
ROR	Run of river (limpasan aliran sungai)
RNG	Renewable natural gas (gas alam terbarukan)



SMI	PT Sarana Multi Infrastruktur
TSS	Total suspended solids (Total padatan tersuspensi)
UKL/UPL	Upaya Pengelolaan Lingkungan Hidup/Upaya Pemantauan Lingkungan Hidup (Environmental Management Action/Environmental Monitoring Action)
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
USAID	United States Agency for International Development
US Ex-Im	Export-Import Bank of the United States
VS	Volatile solid (padatan mudah menguap)



**BUKU PEDOMAN ENERGI BERSIH**

# 1

## PENDAHULUAN TENTANG ENERGI BERSIH

Perekonomian Indonesia telah menikmati pertumbuhan yang stabil selama satu dasawarsa terakhir. Namun, pertumbuhan ini telah meningkatkan penggunaan energi dan dampak lingkungan hidup yang menyertainya. Seperti banyak negara berkembang lainnya, Indonesia menghadapi tantangan bagaimana melanjutkan kemajuan ekonomi sekaligus mengurangi dampak terhadap lingkungan hidup. Pengembangan energi bersih merupakan salah satu solusi. Indonesia telah membuat kemajuan yang signifikan di bidang ini dalam waktu lima tahun terakhir, khususnya dalam hal memperkenalkan kebijakan dan inisiatif di sektor publik dan swasta untuk mendorong investasi di bidang energi bersih (energi terbarukan dan efisiensi energi).

---

# 1.1

## KEGIATAN YANG DIDUKUNG USAID DALAM PEMBIAYAAN PROYEK ENERGI BERSIH

---

Program Pengembangan Energi Bersih Indonesia (*Indonesia Clean Energy Development Program - ICED*) adalah program bantuan teknis bilateral yang didanai oleh *United States Agency for International Development (USAID)*. Proyek ini dimulai pada bulan Maret 2011 dan berlangsung sampai dengan bulan Februari 2015. ICED dirancang untuk mendukung Pemerintah Indonesia dalam mengembangkan sumber daya energi terbarukan yang berkelanjutan dan mengurangi emisi gas rumah kaca dari sumber bahan bakar fosil konvensional.

Sektor energi bersih yang dinamis di Indonesia memiliki potensi untuk memberikan kontribusi terhadap pengembangan ekonomi dengan emisi rendah, menyediakan masyarakat pedesaan akses terhadap energi modern, memenuhi target pemerintah dalam mengurangi emisi gas rumah kaca dari sektor energi, mendiversifikasi bauran sumber energi negara, dan mengurangi subsidi pemerintah pusat untuk listrik yang dihasilkan dari bahan bakar fosil.

Bantuan teknis ICED dilaksanakan melalui tiga mekanisme utama yang berkaitan dengan pembiayaan proyek-proyek energi bersih. Proyek tersebut menyediakan

1. Reformasi kebijakan energi dan dukungan program untuk Pemerintah pusat dan kabupaten terpilih di Indonesia untuk mengatasi hambatan untuk penyebaran teknologi energi bersih
2. Peningkatan kapasitas kelembagaan dan pelatihan bagi bank dan lembaga keuangan setempat tentang pelaksanaan evaluasi uji tuntas dari usulan proyek energi terbarukan dan efisiensi energi
3. Layanan pertimbangan teknis, hukum dan keuangan langsung kepada sponsor proyek, serta penyedia bidang industri dan pertanian.

Program ICED diharapkan dapat mencapai:

- » Pencegahan terhadap timbulnya 4 juta ton CO<sub>2</sub>e dari sektor energi dan transportasi
- » Kapasitas terpasang pembangkit sebesar 120 MW dengan menggunakan sumber energi bersih
- » Penyelesaian sekurangnya 20 proyek energi terbarukan dan efisiensi energi skala kecil dan sedang
- » Pemanfaatan setidaknya \$120 juta dana publik dan swasta untuk proyek-proyek energi bersih komersial
- » Penyediaan akses energi bersih untuk 1,2 juta orang, terutama di daerah pedesaan
- » Berkontribusi terhadap pengurangan setidaknya \$250 juta untuk subsidi listrik.



---

# 1.2

## GAMBARAN UMUM ENERGI BERSIH

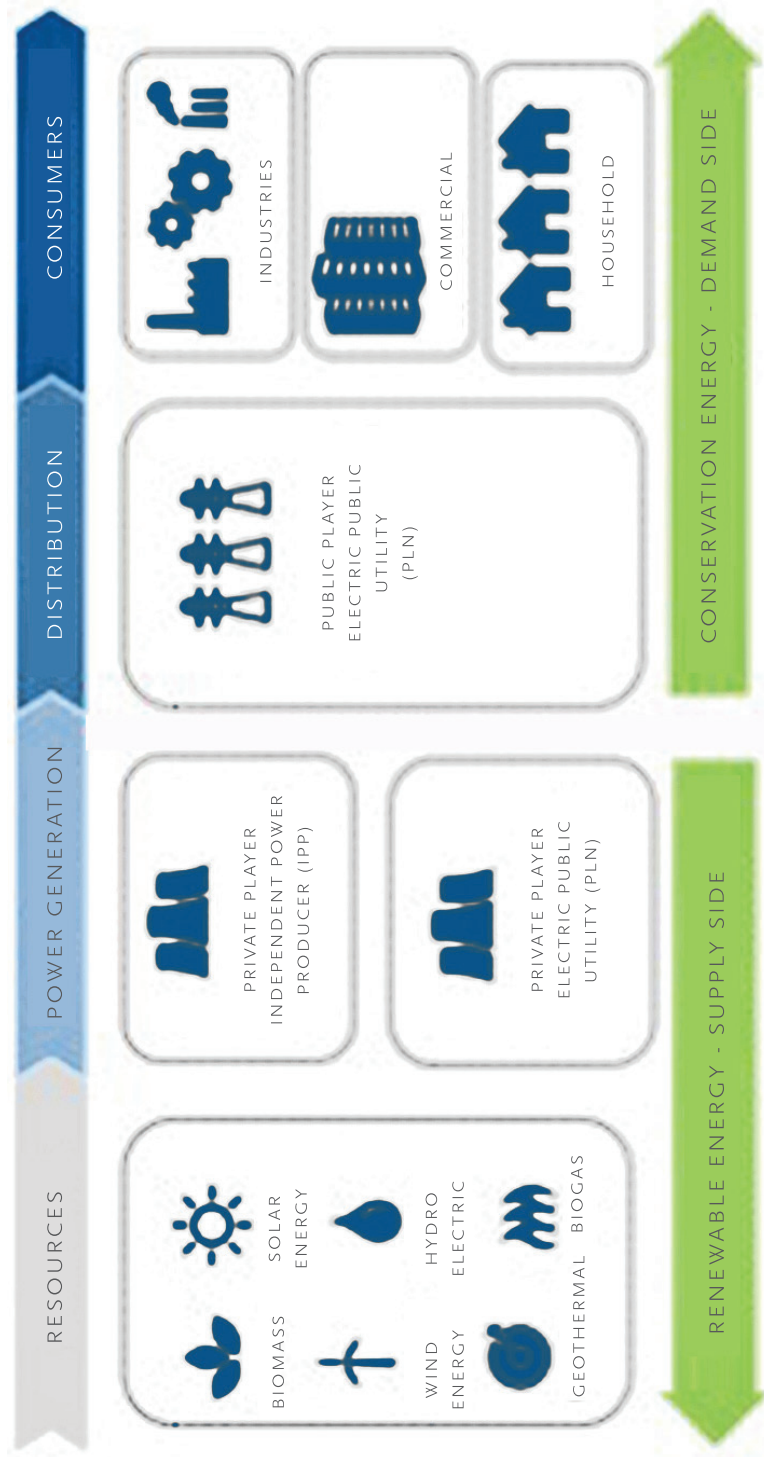
---

ICED membantu Indonesia untuk berupaya mencapai tujuan ketahanan energi dan pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK)-nya melalui kerangka kebijakan yang lebih baik dan peluang investasi yang lebih besar untuk energi terbarukan (terutama pembangkit energi biomassa, biogas, dan Tenaga Mini Hydro), efisiensi energi industri, dan transportasi yang bersih. Proyek ini melakukan intervensi dengan memberikan bantuan teknis pada sisi penawaran (dengan memfasilitasi investasi swasta dalam menghasilkan energi bersih baru) dan sisi permintaan (dengan mempromosikan program-program konservasi energi dan mendorong investasi baru di bidang penerapan efisiensi energi).

**Gambar 1** menyajikan gambaran rantai penawaran dan permintaan energi.

Gambar ini memberikan gambaran tentang kegiatan energi bersih yang umumnya ditemukan dalam keseluruhan rantai penawaran dan permintaan energi. Sisi penawaran terdiri dari eksploitasi sumber energi terbarukan (seperti membendung air di sungai atau mengkonversi limbah pertanian) dan konversi menjadi energi yang berguna, khususnya listrik. Di sisi permintaan, listrik ditransmisikan dan didistribusikan pada berbagai konsumen untuk penggunaan akhir seperti pencahayaan, penyejuk udara (pada pengguna komersial dan rumah tangga), dan mengoperasikan mesin serta melakukan pemrosesan (pengguna industri).

————— GAMBAR 1 —————  
 ENERGI TERBARUKAN DAN  
 KONSERVASI ENERGI DALAM RANTAI NILAI  
 .....





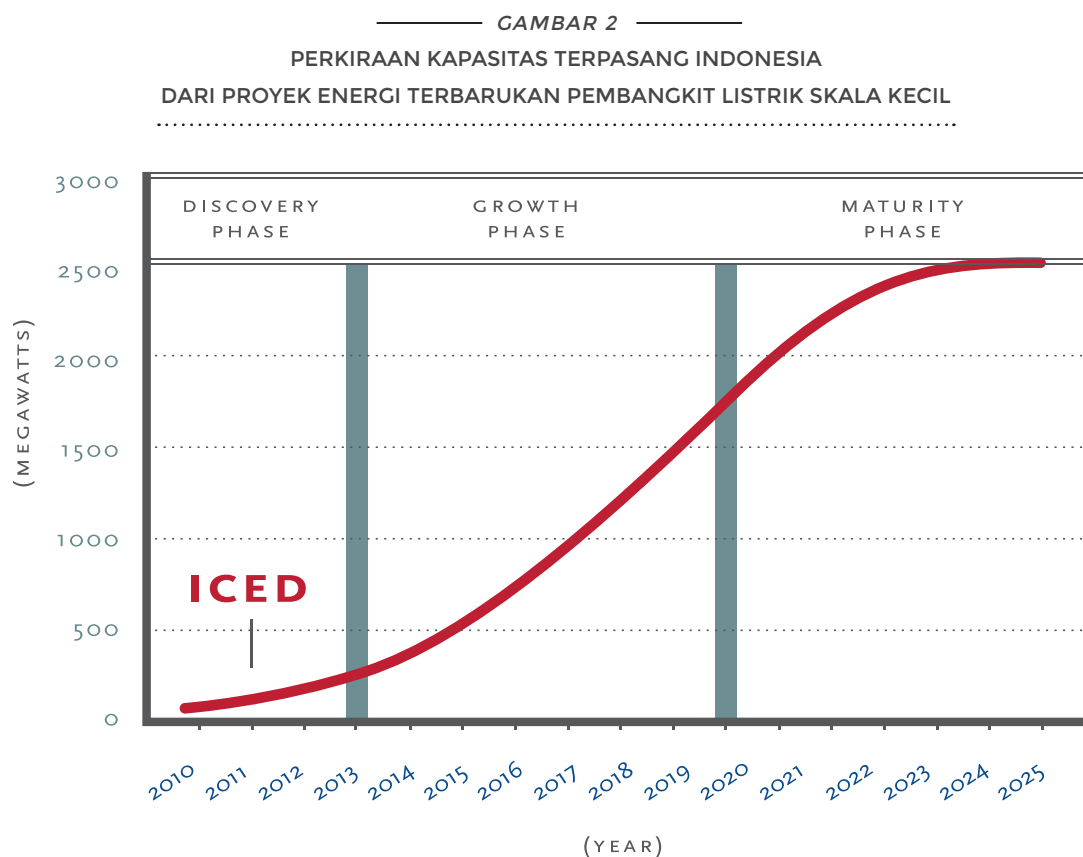
# 1.3

## PELUANG DAN TANTANGAN DALAM MENGEMBANGKAN ENERGI BERSIH DI INDONESIA

UU Kelistrikan Nomor 30 Tahun 2009 menciptakan pasar untuk proyek listrik swasta energi terbarukan berskala kecil (“proyek pembangkit listrik skala kecil”). UU tersebut mewajibkan perusahaan listrik nasional PLN untuk membeli listrik dari proyek pembangkit listrik tenaga air, biomassa, biogas, angin, surya dan energi terbarukan lainnya yang memenuhi syarat melalui penunjukan langsung (yaitu tanpa melalui proses penawaran umum).

Selanjutnya Peraturan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral telah menetapkan harga beli listrik (tarif beli) yang bervariasi dengan sumber daya dan / atau lokasi geografis proyek. Dimulai dengan PLTA, pengembang swasta atau “sponsor proyek” telah menyiapkan banyak proposal proyek dan mengajukan perjanjian jual beli listrik (PPA) kepada PLN. Akibatnya, pasar energi terbarukan telah berkembang dalam hal jumlah proyek, sebaran geografis, dan keragaman sumber daya dan teknologi.

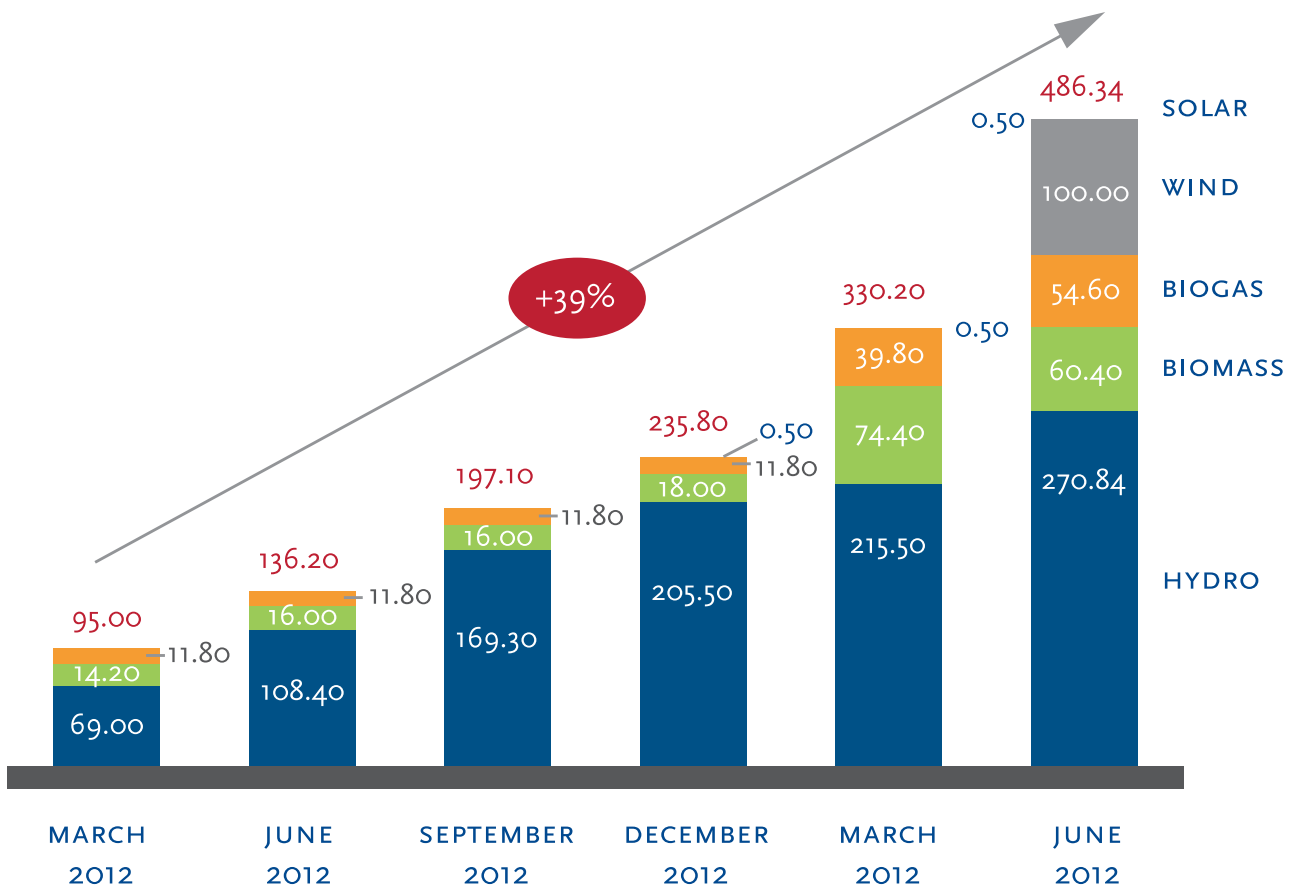
**Gambar 2** mengilustrasikan perkiraan pertumbuhan pasar selama 10-15 tahun ke depan.



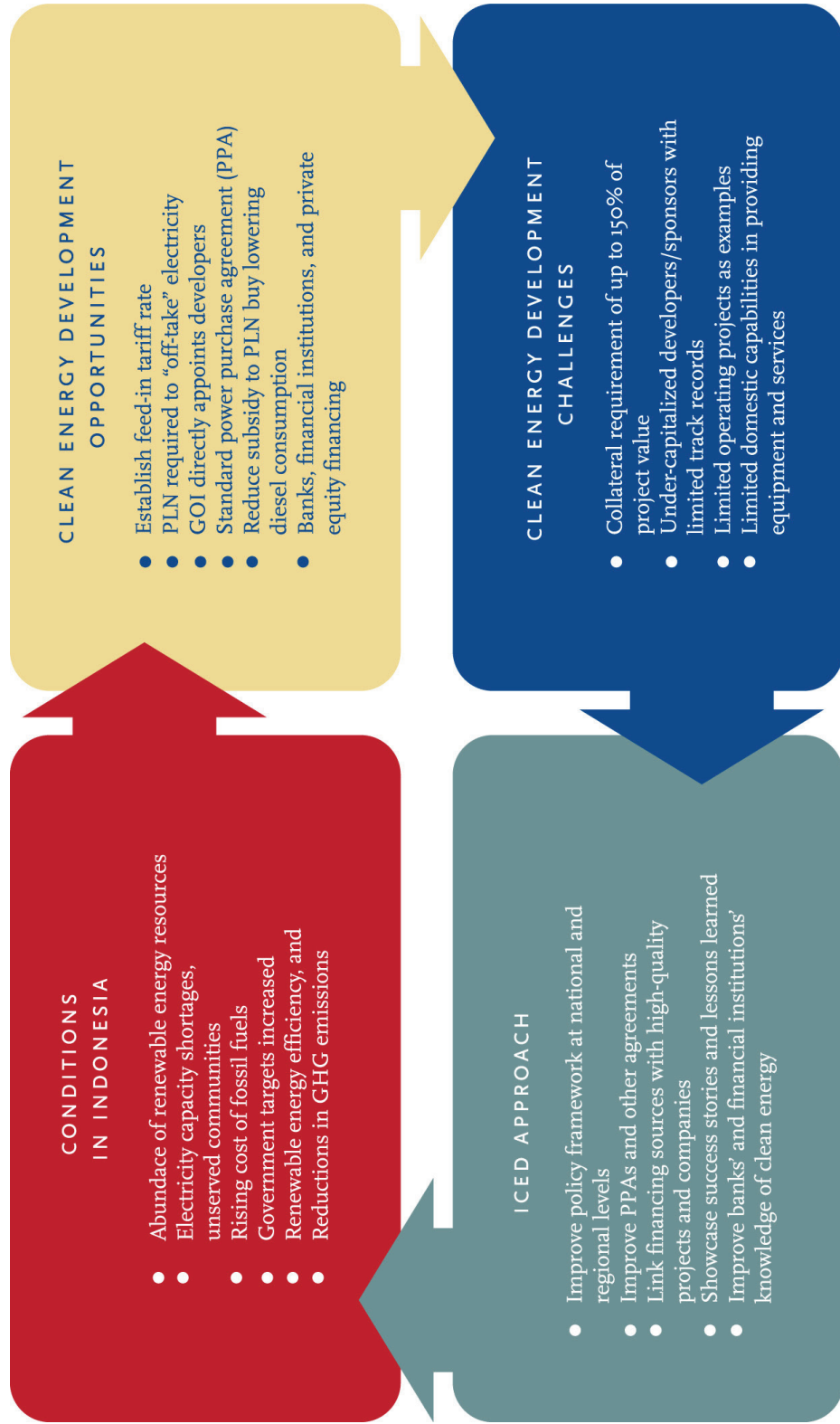
**Gambar 3** menunjukkan bahwa selama 1,5 tahun terakhir, portofolio proyek yang dibantu oleh ICED telah tumbuh sekitar 39 %, mencerminkan pertumbuhan secara keseluruhan di pasar energi bersih serta kebutuhan atas pembiayaan proyek-proyek energi bersih.

Melalui kerja samanya dengan para pengembang proyek (sponsor), PLN, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral / Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi, bank dan lembaga keuangan non-bank, ICED telah memberikan bantuan untuk mengatasi tantangan pengembangan secara sistematis dalam rangka memperbaiki kondisi pasar untuk proyek pembangkit listrik skala kecil (lihat **Gambar 4**).

————— **GAMBAR 3** —————  
**PERTUMBUHAN PROYEK ENERGI BERSIH**  
**YANG DIBANTU OLEH ICED (PIPELINE), DALAM MEGAWATT**  
 .....



GAMBAR 4  
PENDEKATAN ICED UNTUK MENGATASI TANTANGAN  
PENGEMBANGAN ENERGI TERBARUKAN

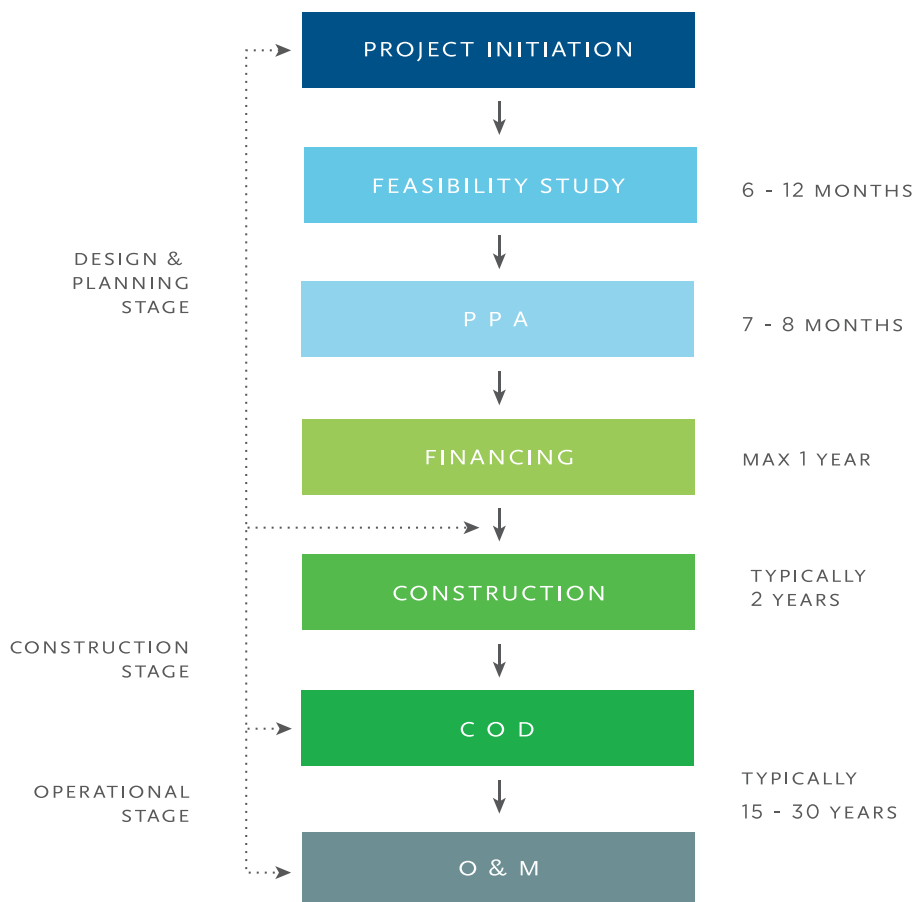


# 1.4

## PETA JALUR UMUM PENGEMBANGAN PROYEK ENERGI TERBARUKAN

Meskipun tidak ada proyek yang sama persis dalam proses pengembangannya, proyek-proyek tersebut memiliki tonggak penting yang sama mulai dari tahap inisiasi sampai operasional. **Gambar 5** menggambarkan langkah-langkah dalam mengembangkan proyek pembangkit listrik skala kecil, serta durasi setiap langkah. Secara keseluruhan, proyek pembangkit listrik skala kecil akan memakan waktu antara tiga sampai lima tahun sejak saat proyek dimulai sampai dengan tanggal saat mulai beroperasi secara komersial (tanggal ketika proyek tersebut mulai menjual listrik kepada PLN).

**GAMBAR 5**  
PETA JALUR UMUM PENGEMBANGAN  
PROYEK ENERGI TERBARUKAN



---

# 1.5

## PARA PEMANGKU KEPENTINGAN PENGEMBANGAN ENERGI BERSIH

---

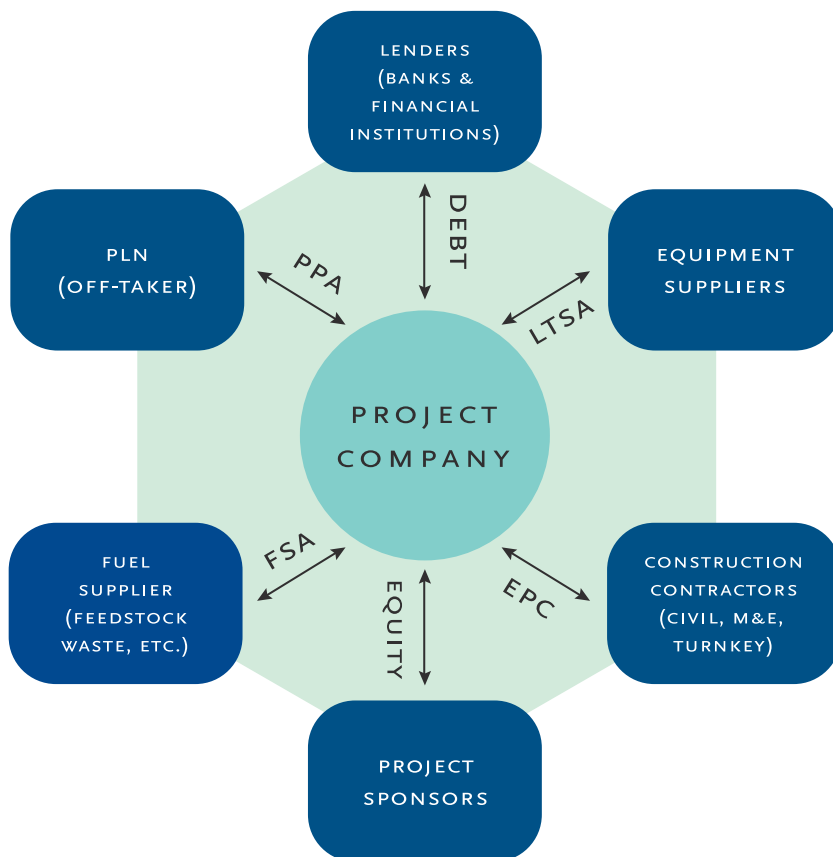
Setiap proyek ditetapkan sebagai kendaraan tujuan khusus (*Special Purpose Vehicle*) atau “perusahaan proyek”. Perusahaan proyek menandatangani PPA dengan PLN. Selanjutnya, proyek energi terbarukan skala kecil terhubung ke jaringan PLN dan menjual listrik yang dihasilkannya kepada PLN, yang merupakan satu-satunya pembeli. Sponsor proyek harus memastikan ketersediaan modal untuk proyek tersebut, umumnya 20-35 % dari total biaya investasi, melalui sumber daya sendiri (modal pemilik), investor (pemegang saham), perusahaan modal swasta, atau investasi dana di sebuah perusahaan pengembangan proyek yang pada gilirannya akan memiliki proyek tersebut. Pemberi pinjaman - biasanya bank umum atau bank syariah - memberikan pinjaman pokok. Lembaga keuangan non-bank juga dapat memberikan pinjaman kedua. Pembiayaan utang untuk proyek umumnya mencapai 65-80 % dari total biaya investasi.

Proyek energi terbarukan seperti proyek pembangkit listrik biomassa mungkin memiliki pengaturan pasokan bahan bakar dengan pihak ketiga (misalnya, produsen kulit cangkang kelapa sawit / padi untuk pembangkit listrik biomassa). Pemerintah daerah biasanya mengenakan retribusi penggunaan air untuk proyek-proyek pembangkit listrik Tenaga Mini Hydro.

Perusahaan proyek dapat menyewa perusahaan konsultan teknik untuk mempersiapkan studi kelayakan dan desain teknik awal dan rinci. Setelah pembiayaan terselesaikan, perusahaan proyek dapat menyewa beberapa kontraktor untuk konstruksi, yang meliputi pekerjaan sipil, dan mekanik serta listrik (jika ingin mengalihkan risiko konstruksi kepada kontraktor, perusahaan proyek dapat menyewa kontraktor tunggal bidang rekayasa-pengadaan-konstruksi (*Engineering-Procurement--Construction* - EPC).

Dengan tunduk pada ketentuan kontrak EPC, perusahaan proyek atau kontraktor EPC akan melakukan pengadaan peralatan utama seperti boiler, turbin, generator, dll. Untuk proyek dengan kapasitas yang lebih besar, perusahaan proyek mungkin perlu mengadakan perjanjian layanan jangka panjang dengan pemasok peralatan untuk mengalihkan risiko operasi peralatan dan pemeliharaan kepada para pemasok (lihat gambar 6).

GAMBAR 6  
PARA PEMANGKU KEPENTINGAN  
DALAM PROYEK ENERGI TERBARUKAN



---

# 1.6

## MENGENAI BUKU PEGANGAN INI

---

Telah tersedia pembiayaan dengan jumlah signifikan dari donor dan bank pembangunan untuk proyek-proyek energi bersih di Indonesia, serta pembiayaan oleh pemerintah untuk proyek percontohan skala masyarakat dan proyek listrik skala utilitas. Bank komersial dan lembaga keuangan berperan sangat penting untuk pertumbuhan pasar listrik mandiri energi terbarukan skala kecil.

Penghasil listrik mandiri (IPP) adalah sebuah entitas yang bukan merupakan perusahaan utilitas publik, tetapi memiliki fasilitas untuk menghasilkan tenaga listrik untuk dijual ke perusahaan utilitas dan pengguna akhir. Di Indonesia, lingkungan yang kondusif bagi IPP energi terbarukan - proyek dengan kapasitas pembangkit listrik sebesar 10 megawatt (MW) atau kurang – ditetapkan melalui UU Kelistrikan no. 30 Tahun 2009 dan peraturan pelaksanaan selanjutnya. Jenis proyek ini adalah fokus utama dari Proyek ICED dan Buku Pedoman Investasi Energi Bersih.

Pembiayaan adalah titik kritis di mana implementasi proyek energi bersih dapat terlaksana. Bank dan lembaga keuangan menghadapi beberapa kendala dalam membuat keputusan investasi pada proyek energi bersih:

- » Kurangnya informasi yang tersedia mengenai proyek energi bersih karena pasar energi bersih di Indonesia masih dalam tahap awal pengembangan
- » Terbatasnya proyek energi bersih yang dibiayai secara komersial dan atau berhasil diimplementasikan sebagai referensi bagi pemberi pinjaman dan investor
- » Kurangnya informasi yang konsisten yang dibagi bersama antara pemangku kepentingan kunci (pengembang proyek, penyedia teknologi, pemerintah, PLN dan penyedia dana)
- » Kurangnya manajer bank senior dan pengalaman petugas dalam mengevaluasi proposal proyek energi bersih. Kebanyakan proposal energi bersih dievaluasi oleh Divisi Energi PLN dengan latar belakang yang kuat di bidang minyak dan gas.

Untuk mengatasi masalah pembiayaan, ICED mengakui pentingnya meningkatkan pemahaman tentang proyek energi bersih dalam rangka meningkatkan kesiapan bank dan lembaga keuangan untuk berinvestasi dalam proyek energi bersih. Karenanya, ICED kemudian menyusun Buku Pedoman Investasi Energi Bersih dengan tujuan sebagai berikut:

- » Membangun pengetahuan dan pemahaman dasar tentang teknologi dan proyek pembangkit listrik energi bersih sampai tingkat yang akan memungkinkan bank dan lembaga keuangan untuk memiliki keyakinan dalam membuat keputusan investasi
- » Mentransfer “praktik terbaik” internasional dalam menilai kelayakan proyek dan risiko pembiayaan terkait untuk berbagai jenis proyek energi bersih

- » ..... Menambah bantuan teknis dan pengembangan kapasitas ICED kepada bank dan lembaga keuangan dalam mengembangkan proyek energi bersih.

Buku pedoman ini berfokus pada karakteristik umum pengembangan energi bersih, dengan fokus khusus pada lima teknologi energi terbarukan – PLTMH, energi biomassa, biogas, surya dan angin - yang menerima perhatian dan proyek proposal yang terus tumbuh dan berkembang. Teknologi lainnya dapat ditambahkan seiring dengan perubahan kondisi pasar.





# 2

## PERATURAN ENERGI BERSIH

Bab ini menyajikan ringkasan singkat dari kebijakan dan peraturan perundang-undangan yang mengatur energi bersih di Indonesia, aspek kunci dalam perizinan dan lisensi dalam proyek energi terbarukan, dan perjanjian jual beli listrik.

Regulation No. 15/2010 on Project List for the Acceleration of the Establishment of Power Plants  
provided by PLN, Minister of Energy and Mineral Resources Regulation No. 1/2012 on PLNs  
Regulation No. 20/2010 on Guidelines for the Implementation of Infrastructure Guarantees  
Law No. 21/2001 on Environmental Management, Government Regulation No. 21/2001 on  
No. 10/2008 on Electricity, Presidential Regulation No. 5/2008 on the National Energy Policy,  
No. 10/2012 on Physical Implementation of New and Renewable Energy, Presidential Regula-  
tion No. 15/2010 on Project List for the Acceleration of the Establishment of Power Plants  
provided by PLN, Minister of Energy and Mineral Resources Regulation No. 1/2012 on PLNs  
Regulation No. 20/2010 on Guidelines for the Implementation of Infrastructure Guarantees  
Law No. 21/2001 on Environmental Management, Government Regulation No. 21/2001 on  
No. 10/2008 on Electricity, Presidential Regulation No. 5/2008 on the National Energy Policy,  
No. 10/2012 on Physical Implementation of New and Renewable Energy, Presidential Regula-

by Utilizing Renewable Energy, Coal, Gas and Associated Transmission, Minister of Energy and  
Feed-in Tariff for Small-scale and Medium-scale Renewable Energy and Access Power, Minister of  
in PPP Projects, Law No. 21 of 2008 on State-owned Enterprises, Ministry of Finance Regulation  
Environmental Impact Assessment, Minister of Environment Regulation No. 8/2008 Environmen-  
Presidential Regulation No. 1/2010 on the Assignment of PT PLN to Accelerate Power Plant De-  
No. 8/2011 on Basic Electricity Tariff Provided by PLN, Minister of Energy and Mineral Resources  
by Utilizing Renewable Energy, Coal, Gas and Associated Transmission, Minister of Energy and  
Feed-in Tariff for Small-scale and Medium-scale Renewable Energy, Minister of Energy and  
in PPP Projects, Law No. 21 of 2008 on State-owned Enterprises, Ministry of Finance Regulation  
Environmental Impact Assessment, Minister of Environment Regulation No. 8/2008 Environmen-  
Presidential Regulation No. 1/2010 on the Assignment of PT PLN to Accelerate Power Plant De-  
No. 8/2011 on Basic Electricity Tariff Provided by PLN, Minister of Energy and Mineral Resources

# 2.1

## KEBIJAKAN DAN PERATURAN MENGENAI ENERGI BERSIH

Indonesia memiliki berbagai kebijakan dan peraturan yang berkaitan dengan energi bersih. Produk hukum yang disajikan dalam **Tabel 1** menyajikan undang-undang, instruksi presiden, peraturan presiden, peraturan bank sentral, dan peraturan menteri. Kebijakan tersebut mencakup manajemen energi secara umum, energi terbarukan secara umum, tarif listrik, kemitraan pemerintah dan swasta (KPS), insentif, efisiensi energi, dan AMDAL dalam kaitannya dengan energi terbarukan.

————— *TABEL 1* —————  
KEBIJAKAN DAN PERATURAN MENGENAI  
ENERGI BERSIH DI INDONESIA

MANAJEMEN ENERGI SECARA UMUM	
NO. KEBIJAKAN / PERATURAN	RANGKUMAN ISI
Undang-Undang No. 30/2007 tentang Energi	<ul style="list-style-type: none"><li>→ Meningkatkan aksesibilitas energi untuk orang yang kurang mampu dan orang-orang di daerah terpencil. Jadi, prioritas diberikan kepada daerah tertinggal, daerah terpencil dan desa-desa yang menggunakan sumber energi setempat, khususnya sumber-sumber terbarukan</li><li>→ Mendirikan Dewan Energi Nasional yang nantinya akan merumuskan kebijakan energi nasional dan menentukan tanggapan terhadap krisis energi.</li><li>→ Pemerintah pusat dan daerah didorong untuk meningkatkan penyediaan energi baru dan terbarukan.</li><li>→ Badan usaha/perorangan yang menyediakan energi dari sumber baru dan terbarukan dapat memperoleh fasilitas dan /atau insentif dari pemerintah pusat atau daerah.</li></ul>

## MANAJEMEN ENERGI SECARA UMUM

NO. KEBIJAKAN / PERATURAN	RANGKUMAN ISI
<p>Undang-Undang Nomor 30 /2009 tentang Ketenagalistrikan</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Pengembangan ketenagalistrikan di Indonesia bertujuan untuk mengamankan pasokan listrik yang cukup dengan kualitas yang baik dan terjangkau bagi kesejahteraan masyarakat menuju pembangunan berkelanjutan.</li> <li>→ BUMN memiliki prioritas pertama untuk elektrifikasi daerah yang belum terlayani, jika mereka tidak bisa mengambil tugas ini, maka perusahaan pemerintah swasta/daerah dapat melakukan hal tersebut. Jika perusahaan swasta/pemerintah daerah tidak mengejar elektrifikasi daerah yang belum terlayani, pemerintah pusat harus menugaskan sebuah badan usaha milik negara untuk melayani daerah tersebut.</li> <li>→ Kegiatan usaha ketenagalistrikan dilakukan atas dasar izin yang dikeluarkan oleh pemerintah pusat maupun daerah. Otoritas perizinan juga menyetujui tarif dengan persetujuan badan legislatif yang berkenaan. Pemerintah pusat memberikan izin kepada penyedia listrik yang 1) memiliki area bisnis yang bersifat lintas batas provinsi, 2) adalah perusahaan milik negara, atau 3) menjual listrik kepada perusahaan yang diberikan lisensi oleh pemerintah pusat.</li> </ul>
<p>Peraturan Presiden Nomor 5/2006 tentang Kebijakan Energi Nasional</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Tujuan dari Kebijakan Energi Nasional adalah untuk mencapai pasokan energi dalam negeri yang cukup. Hal ini juga mencakup target untuk kontribusi minimal terhadap total produksi energi pada tahun 2020: biofuel (5 %), panas bumi (5 %), dan energi baru dan terbarukan lainnya - biomassa, nuklir, tenaga air, tenaga surya dan angin (5 %) dan batubara cair (2 %).</li> <li>→ Harga energi disesuaikan secara bertahap sampai mencapai harga keekonomiannya dengan maksud untuk menciptakan efek yang optimal pada diversifikasi energi.</li> <li>→ Produksi dan penggunaan energi terbarukan dapat memperoleh keuntungan dari insentif pemerintah pusat / daerah untuk jangka waktu tertentu sampai menjadi ekonomis.</li> <li>→ Konservasi energi harus dilaksanakan di hulu (produksi) dan hilir (penggunaan). Pemerintah pusat dan daerah didorong untuk memberikan insentif bagi konsumen energi untuk melaksanakan konservasi energi dan bagi produsen peralatan hemat energi.</li> </ul>

ENERGI TERBARUKAN- UMUM	
NO. KEBIJAKAN / PERATURAN	RANGKUMAN ISI
Peraturan Presiden Nomor 4 /2010 tentang Penugasan PT PLN untuk Percepatan Pembangunan Pembangkit Listrik Menggunakan Energi Terbarukan, Batubara dan Gas	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ PLN diberikan kewenangan untuk membangun pembangkit listrik yang menggunakan energi terbarukan, batubara dan gas alam melalui kerjasama dengan sektor swasta.</li> <li>→ Pemerintah akan menjamin kelayakan usaha sesuai dengan peraturan yang ada selama proses rekayasa, pengadaan dan konstruksi.</li> <li>→ Fasilitas, seperti bebas pajak impor untuk peralatan, akan diberikan di bawah yurisdiksi Menteri Keuangan.</li> </ul>
Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 15 /2010 tentang Daftar Proyek Percepatan Pendirian Pembangkit Listrik dengan Memanfaatkan Energi Terbarukan, Batubara, Gas dan Transmisi Terkait	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Identifikasi proyek pembangkit baru tenaga panas bumi sebesar 3.967 MW, PLTA baru sebesar 1.204 MW, dan kapasitas termal baru sebesar 4.351 MW.</li> <li>→ Proyek pembangkit listrik baru ini diberikan untuk pengembang PLN dan non-PLN.</li> </ul>
Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 10/2012 tentang Pelaksanaan Fisik Energi Baru dan Terbarukan	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Implementasi energi terbarukan diarahkan untuk mendukung Program Desa Swasembada Energi dan untuk meningkatkan penggunaan sumber energi terbarukan.</li> <li>→ Langkah-langkah untuk melaksanakan aktivitas fisik energi baru dan terbarukan adalah : 1) Pengajuan proposal oleh gubernur/bupati/walikota kepada Direktorat Jenderal Energi Baru dan Terbarukan dan Konservasi Energi (Dirjen EBTKE), 2) Dirjen EBTKE mengevaluasi proposal, 3) Dirjen EBTKE menyetujui atau menolak usulan tersebut, dan 4) Dirjen EBTKE menyerahkan proyek kepada pemerintah daerah pada saat uji kelayakan operasi.</li> </ul>

**ENERGI TERBARUKAN- TARIF LISTRIK DAN LISTRIK YANG DIBELI DARI IPP**

NO. KEBIJAKAN / PERATURAN	RANGKUMAN ISI
Peraturan Presiden Nomor 8/2011 tentang Tarif Dasar Listrik Yang Disediakan Oleh PLN	→ Tarif disesuaikan dengan berbeda untuk setiap kelas tarif. Beberapa kelas, termasuk konsumen rumah tangga terkecil, tidak mengalami peningkatan, sedangkan yang lain meningkat secara substansial.
Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 09 / 2011 tentang Syarat dan Ketentuan Penerapan Tarif Dasar Listrik yang Disediakan oleh PLN	→ Peraturan ini mendefinisikan istilah tarif khusus, menentukan biaya karena kelebihan konsumsi daya reaktif, menentukan biaya koneksi dan biaya berlangganan, mendefinisikan biaya tambahan yang terkait dengan keterlambatan pembayaran utilitas listrik dan mendefinisikan tingkat kualitas layanan utilitas listrik.
Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No 4/2012 tentang Tarif Beli PLN untuk Energi Terbarukan Skala Kecil dan Menengah dan Kelebihan Daya	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ PLN wajib membeli listrik yang dihasilkan dari energi terbarukan skala kecil dan menengah (sampai dengan 10 MW) atau kelebihan daya dari perusahaan milik negara, badan usaha milik pemerintah daerah, koperasi, dan usaha masyarakat.</li> <li>→ Untuk pembangkit listrik tenaga air, tarif beli adalah Rp 656/kWh x F (tegangan menengah) dan Rp 1.004 / kWh x F (tegangan rendah), di mana F = 1 di Jawa dan Bali, F = 1,2 di Sumatra dan Sulawesi, F = 1,3 di Kalimantan dan Nusa Tenggara, dan F = 1,5 di Maluku dan Papua.</li> <li>→ Untuk pembangkit listrik tenaga biomassa dan biogas, tarif beli adalah Rp 975/kWh x F (tegangan menengah) dan Rp 1.325 / kWh x F (tegangan rendah), di mana F = 1 di Jawa, Bali dan Sumatera, F = 1,2 di Sulawesi, Kalimantan dan Nusa Tenggara, dan F = 1,3 di Maluku dan Papua.</li> <li>→ Untuk listrik yang dihasilkan dari teknologi nirlimbah, tarif beli adalah Rp 1.050 / kWh (tegangan menengah) dan Rp 1.398 / kWh (tegangan rendah).</li> <li>→ Untuk listrik yang dihasilkan dari teknologi sanitary landfill, tarif beli adalah Rp 850/kWh (tegangan menengah) dan Rp 1.198 / kWh (tegangan rendah).</li> <li>→ Dalam hal terjadi krisis listrik, PLN dapat membeli kelebihan daya di atas harga yang ditetapkan dan menggunakan harga perkiraan sendiri untuk membeli kelebihan tersebut.</li> </ul>
Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No 17/2013 tentang Tarif Beli PLN untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya Fotovoltaik	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Harga tertinggi yang ditetapkan untuk listrik yang dihasilkan dari pembangkit listrik tenaga surya fotovoltaik adalah US\$ 25 sen/kWh</li> <li>→ Jika setidaknya 40 % komponen fotovoltaik diproduksi di dalam negeri, maka tarif beli dapat naik menjadi US\$ 30 sen / kWh.</li> </ul>

**ENERGI TERBARUKAN- KEMITRAAN PEMERINTAH-SWASTA DAN INSENTIF**

NO. KEBIJAKAN / PERATURAN	RANGKUMAN ISI
<p>Peraturan Presiden Nomor 13/2010 (revisi Peraturan Presiden No 67/2005), Mengenai Kemitraan Pemerintah dengan Badan Usaha untuk Penyediaan Infrastruktur</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Peraturan ini mengatur kemitraan pemerintah-swasta (KPS) untuk proyek infrastruktur tertentu, termasuk proyek pembangkit listrik.</li> <li>→ Proyek dapat dikembangkan dengan cara diminta atau tidak diminta, tetapi dalam semua pengembangan pemilihan badan usaha harus dilakukan melalui proses tender terbuka. Proyek yang “diminta” adalah proyek yang diidentifikasi dan disiapkan oleh pemerintah, sedangkan proyek “yang tidak diminta” diidentifikasi dan diusulkan kepada pemerintah oleh badan usaha.</li> <li>→ Badan pemerintah yang melakukan kontrak dapat berupa badan tingkat daerah atau nasional. Proyek KPS dapat didasarkan pada lisensi pemerintah atau perjanjian kerjasama.</li> <li>→ Pemerintah dapat memberikan dukungan fiskal dan / atau non - fiskal untuk meningkatkan kelayakan proyek infrastruktur, termasuk jaminan. Proyek harus terstruktur untuk mengalokasikan risiko kepada pihak yang paling mampu mengelola risiko.</li> </ul>
<p>Peraturan Menteri Keuangan Nomor 260/2010 tentang Pedoman Pelaksanaan Jaminan Infrastruktur dalam Proyek KPS</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Pemerintah dapat memberikan dukungan kontijensi, yaitu, jaminan, untuk proyek infrastruktur. Hal tersebut mendefinisikan Dana Penjaminan Infrastruktur Indonesia.</li> <li>→ Perlindungan meliputi tindakan pemerintah, kelambanan, kebijakan atau pelanggaran kontrak, serta risiko lain yang didukung oleh analisis risiko dan prinsip alokasi risiko kepada pihak yang paling mampu mengelolanya.</li> </ul>
<p>Undang-Undang Nomor 19 Tahun 2003 tentang Badan Usaha Milik Negara</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Pemerintah dapat menugaskan badan usaha milik negara untuk melaksanakan pelayanan publik.</li> <li>→ Karena undang-undang ini juga menyatakan bahwa perseroan terbatas milik negara didirikan untuk mencari laba, pemerintah berkewajiban untuk mensubsidi badan usaha milik negara untuk kewajiban pelayanan publik dimana mereka ditugaskan untuk memastikan profitabilitas dari perusahaan tersebut.</li> </ul>

**ENERGI TERBARUKAN- KEMITRAAN PEMERINTAH-SWASTA DAN INSENTIF**

NO. KEBIJAKAN / PERATURAN	RANGKUMAN ISI
<p>Peraturan Menteri Keuangan Nomor 111 Tahun 2007 tentang Tata Cara Penganggaran, Perhitungan dan Tanggung Jawab untuk Subsidi Listrik</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Pemerintah mendanai selisih antara pendapatan PLN dan biaya produksinya yang diizinkan. Biaya produksi yang diizinkan termasuk biaya semua pembangkitan energi listrik yang dibeli olehnya.</li> <li>→ Mekanisme ini memastikan bahwa PLN tidak dirugikan secara keuangan jika PLN melakukan pembelian energi terbarukan, bahkan jika energi tersebut lebih mahal daripada alternatif konvensional. Namun, karena PLN wajib untuk beroperasi dengan prinsip-prinsip komersial, PLN harus memiliki justifikasi untuk membeli listrik yang lebih mahal. Pemerintah dapat memberikan justifikasi dengan menginstruksikan PLN untuk membeli listrik yang dihasilkan dari energi terbarukan.</li> </ul>
<p>Peraturan Bank Indonesia Nomor 7/3/PBI/2005 tentang Batas Maksimum Pemberian Kredit Bank Umum</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Peraturan ini mengikuti Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2004 tentang Bank Indonesia. Peraturan ini membatasi ketentuan penyediaan dana bank sampai 20 % dari modal bank untuk setiap "peminjam" tunggal ("batas maksimum pemberian kredit"), 25 % untuk peminjam kelompok, dan 30 % jika peminjam adalah badan usaha milik negara.</li> <li>→ Jika bank memiliki hak ikut serta seperti yang diperkirakan berdasarkan pinjaman pembiayaan proyek, PLN, sebagai pembeli dari listrik yang dihasilkan, dianggap sebagai "peminjam" meskipun bank meminjamkan kepada pengembang proyek (atau beberapa pengembang yang berbeda untuk proyek yang berbeda).</li> <li>→ Pemberi pinjaman dibebaskan dari batas maksimum pemberian kredit jika proyek menerima jaminan dari pemerintah atau lembaga pembangunan multilateral.</li> </ul>
<p>Peraturan Menteri Keuangan Nomor 21/PMK.011/2010 tentang Pajak dan Fasilitas Kepabeanan untuk Pemanfaatan Energi Terbarukan</p>	<p>Peraturan ini mengatur fasilitas pajak penghasilan untuk pengembangan energi terbarukan, seperti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Pengurangan sampai 30 % dari investasi (5 % setiap tahun selama 6 tahun)</li> <li>&gt; Percepatan penyusutan</li> <li>&gt; Tarif pajak yang lebih rendah untuk dividen</li> <li>&gt; Kompensasi kerugian (5 sampai 10 tahun) tergantung pada kondisi tertentu</li> <li>&gt; Mesin dan peralatan, tidak termasuk suku cadang: <ul style="list-style-type: none"> <li>» Bebas pajak penghasilan atas impor (PPH pasal 22)</li> <li>» Bebas pajak pertambahan nilai (pajak penjualan)</li> <li>» Bebas bea masuk sesuai Keputusan Menteri Keuangan Nomor 154/PMK.011/2008 dan No.176/011/2009</li> </ul> </li> </ul>



## ENERGI TERBARUKAN- ANALISIS MENGENAI DAMPAK LINGKUNGAN HIDUP

NO. KEBIJAKAN / PERATURAN	RANGKUMAN ISI
Undang-Undang Nomor 23/1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup harus direncanakan melalui tahapan sebagai berikut: inventarisasi lingkungan hidup untuk memperoleh data dan informasi tentang sumber daya alam, penetapan daerah lingkungan hidup, dan perumusan rencana perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup.</li> <li>→ Pemerintah bertanggung jawab untuk: mengendalikan sumber daya alam, mengendalikan pencemaran dan kerusakan lingkungan hidup, membuat penilaian lingkungan hidup strategis, mengatur standar kualitas lingkungan hidup, mengatur perbuatan hukum dan hubungan hukum antara orang dan/ atau subjek hukum lainnya, mengendalikan kegiatan yang memiliki dampak sosial, mengembangkan sistem bagi upaya untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup, dll.</li> <li>→ Setiap usaha dan/atau kegiatan dengan dampak besar pada lingkungan tunduk pada analisis dampak lingkungan dalam rangka untuk mendapatkan izin untuk melakukan usaha atau kegiatan seperti dibahas secara rinci dalam undang-undang tersebut.</li> </ul>
Peraturan Pemerintah Nomor 27/1999 tentang Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Peraturan ini mengatur bahwa, jika diperlukan, analisis mengenai dampak lingkungan hidup merupakan bagian dari prosedur perizinan untuk pelaksanaan kegiatan yang bersangkutan.</li> </ul>
Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 8/2006 tentang Pelaksanaan AMDAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Peraturan ini mengimplementasikan Peraturan Pemerintah No 27/ 1999 tentang Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup (AMDAL).</li> <li>→ Peraturan ini memberikan pedoman tentang bagaimana mengembangkan AMDAL yang lengkap, termasuk dokumen format standar untuk studi AMDAL dasar dan dokumen AMDAL.</li> </ul>
Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 11/2006 tentang Daftar Kegiatan yang Memerlukan Analisis mengenai Dampak Lingkungan Hidup	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Peraturan ini mengimplementasikan Peraturan Pemerintah No 27/1999 tentang Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup dengan mengatur daftar kegiatan yang membutuhkan AMDAL dan dokumen-dokumen yang harus disediakan untuk kegiatan yang tidak memerlukan AMDAL yang lengkap.</li> <li>→ Peraturan ini mewajibkan pembangunan pembangkit listrik yang memanfaatkan energi alternatif (biomassa, angin, surya, konversi energi panas laut, dll) sebesar lebih dari 10 MW untuk memiliki AMDAL lengkap.</li> </ul>

## EFISIENSI ENERGI

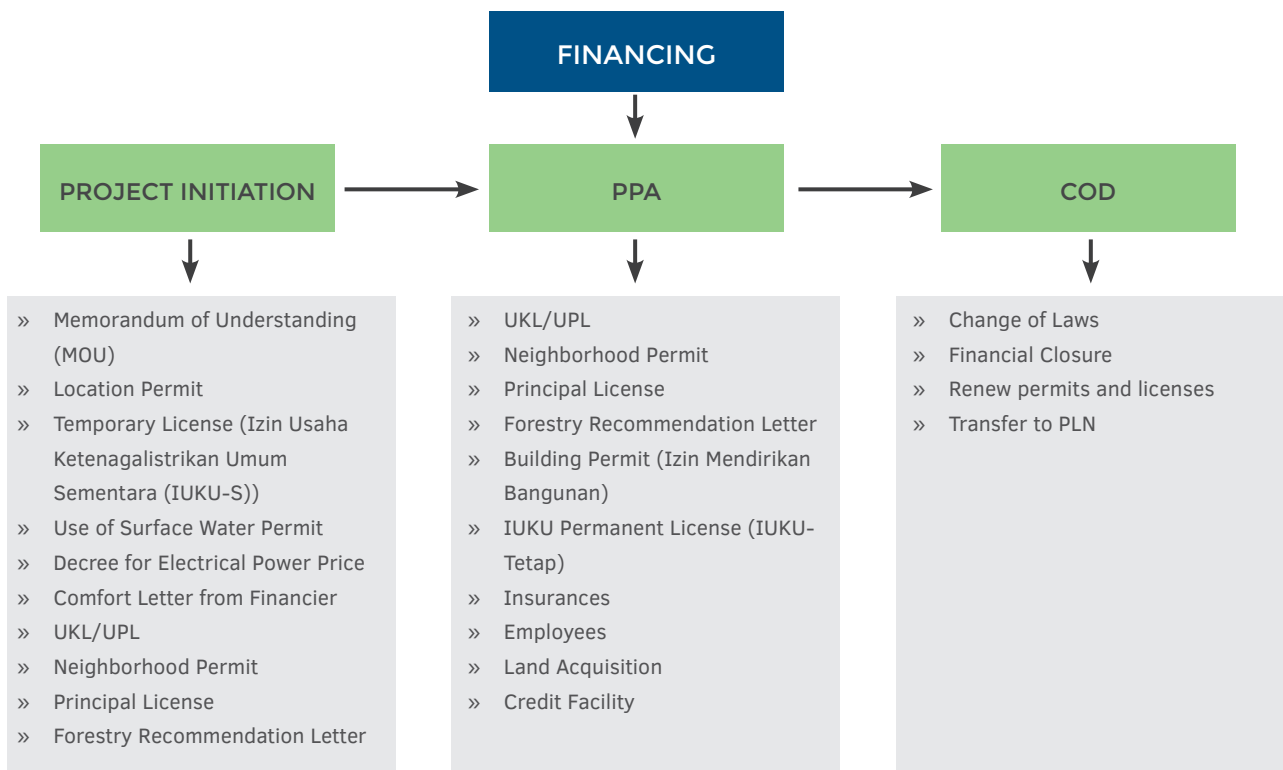
NO. KEBIJAKAN / PERATURAN	RANGKUMAN ISI
Instruksi Presiden Nomor 13 /2011 tentang Penghematan Energi dan Air	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Dokumen ini menginstruksikan pemerintah di semua tingkatan untuk melakukan tindakan efisiensi energi (listrik dan bahan bakar fosil) dan hemat air.</li> <li>→ Instruksi presiden ini menetapkan target untuk lembaga pemerintah untuk mengurangi penggunaan listrik sebesar 20 % dan penggunaan air sebesar 10 % dalam waktu enam bulan setelah penerbitan Instruksi Presiden tersebut.</li> <li>→ Instruksi presiden ini juga menargetkan pengurangan 10 % dari BBM bersubsidi dengan membatasi penggunaan BBM bersubsidi di setiap instansi pemerintah.</li> </ul>
Peraturan Pemerintah Nomor 70 /2009 tentang Konservasi Energi	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Peraturan ini mengatur tanggung jawab dan peran pemerintah pusat, pemerintah daerah, sektor swasta dan masyarakat dalam hal efisiensi energi, standarisasi dan pelabelan, dan implementasi efisiensi energi.</li> <li>→ Peraturan pemerintah ini mewajibkan agar Rencana Umum Konservasi Energi (RIKEN) menjadi pedoman bagi para pemangku kepentingan untuk melaksanakan efisiensi dan konservasi energi di Indonesia.</li> <li>→ Instruksi presiden ini mewajibkan konsumen energi besar dengan konsumsi energi minimal 6000 TOE/tahun untuk menerapkan manajemen energi melalui: 1) penunjukan manajer energi, 2) pengembangan program konservasi energi dalam perusahaan, 3) pelaksanaan audit energi berkala, 4) implementasi rekomendasi audit energi, dan 5) mewajibkan agar hasil dari program manajemen energi dilaporkan kepada pihak berwenang.</li> <li>→ Instruksi pemerintah ini mengatur kewajiban produsen atau importir peralatan energi untuk menerapkan pelabelan efisiensi energi.</li> </ul>

# 2.2

## PEMBERIAN IZIN DAN LISENSI

Selain dari peraturan yang harus dipatuhi, terdapat pula izin yang harus diperoleh untuk memulai operasi. Izin tersebut meliputi Izin Prinsip, Izin Lokasi, Izin Hutan Produksi Terbatas (jika proyek berada dalam hutan produksi terbatas), dan PPA sendiri. Untuk mendapatkan lisensi ini, pengembang harus bekerja sama secara langsung dengan pemerintah daerah, kecuali untuk Izin Hutan Terbatas, yang harus dikeluarkan oleh Kementerian Kehutanan. PPA dikeluarkan oleh PLN Nasional melalui mitra setempat. Masalah utama dalam proses perizinan adalah baik Izin Prinsip dan Izin Lokasi dikeluarkan oleh pemerintah daerah, yang mana sebagian besar tidak mengikuti prosedur perizinan yang seragam. Perbedaan-perbedaan ini menyebabkan ketidakpastian dan kebingungan bagi para pengembang dan lembaga pembiayaan karena mereka tidak dapat memprediksi hasil proyek secara akurat.

GAMBAR 7  
DOKUMEN YANG DIPERLUKAN DARI INISIASI  
SAMPAI OPERASIONAL PROYEK



GAMBAR 8

KEKHAWATIRAN DALAM HAL  
PEMBERIAN IZIN DAN LISENSI

**PERATURAN**

- » Peraturan pelaksana yang tidak jelas dan tidak lengkap
- » Peraturan tentang lahan dan hutan yang sukar
- » Kurangnya transparansi dalam penetapan harga

**TEKNIS**

- » Titik interkoneksi dapat mengubah lokasi gardu
- » Tantangan untuk terhubung ke grid PLN
- » Pengecekan dokumen di PLN perlu waktu lama
- » Proyek di hutan perlu banyak izin

**BIAYA DAN PEMBIAYAAN**

- » Biaya yang tidak transparan
- » Tidak ada tanda terima untuk biaya yang banyak
- » Biaya yang tidak jelas
- » Kurangnya akses untuk pembiayaan proyek

**LAIN-LAIN**

- » Pemerintah daerah kurang pengetahuan tentang peraturan dan pembiayaan
- » Risiko/ketidakpastian karena buruknya pemahaman tentang kebiasaan dan tradisi setempat

---

# 2.3

## PERJANJIAN PEMBELIAN TENAGA LISTRIK

---

Pengembang pembangkit energi terbarukan kecil di Indonesia, calon bankir mereka, dan PLN sebagai pelanggan mereka, memiliki kepentingan bersama yang bisa diterapkan dalam perjanjian pembelian tenaga listrik (PPA). PLN diwajibkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) melalui Permen ESDM 4/2012 untuk membeli semua keluaran dari pembangkit energi terbarukan dengan daya sebesar atau di bawah 10 MW dari kapasitasnya dengan harga yang juga ditentukan oleh peraturan itu dan mengeluarkan PPA generik untuk akuisisi keluaran dari pembangkit energi terbarukan.

Oleh karena itu, calon pengembang pembangkit listrik harus bergantung pada kontrak, dan harga yang sesuai, bersama dengan karakteristik khusus ekonomi dan lainnya dari usulan instalasi mereka dan kekuatan manajemen mereka, untuk menjamin pembiayaan untuk pembangunan pembangkit. Oleh karena itu, calon penyandang dana untuk proyek energi yang terbarukan melihat PPA sebagai bagian dari penilaian mereka apakah mereka dapat memberikan pinjaman kepada proyek tersebut.

**Lima Alasan** Mengapa Perjanjian Pembelian Tenaga Listrik PLN penting:

1. PPA merupakan dasar untuk menentukan aliran pendapatan untuk proyek energi terbarukan skala kecil dalam hal penjualan (kWh), harga (Rp / kWh), aliran pembayaran, dan durasi (tahun).
2. PLN adalah satu-satunya pembeli keluaran proyek tenaga listrik swasta energi terbarukan. Harap dicatat bahwa mungkin juga untuk memiliki produsen tenaga listrik independen (IPP) "captive" yang berada di dalam area dari suatu fasilitas pertanian atau industri.
3. Penandatanganan PPA merupakan tonggak penting dalam proses pembangunan. PPA mendefinisikan jadwal pelaksanaan proyek (pembiayaan, konstruksi, uji fungsi, tanggal tenggat waktu operasi komersial), kondisi operasi, dan tanggung jawab.
4. PPA akan mewajibkan semua izin dan persetujuan yang berlaku sebagai "syarat tangguh" untuk PPA agar berlaku.
5. Dengan menandatangani PPA, PLN tidak bertanggung jawab untuk kelayakan teknis dan keuangan proyek. Oleh karena itu, sponsor dan penyandang dana adalah yang menanggung semua risiko yang terkait dengan desain, konstruksi dan operasi proyek.

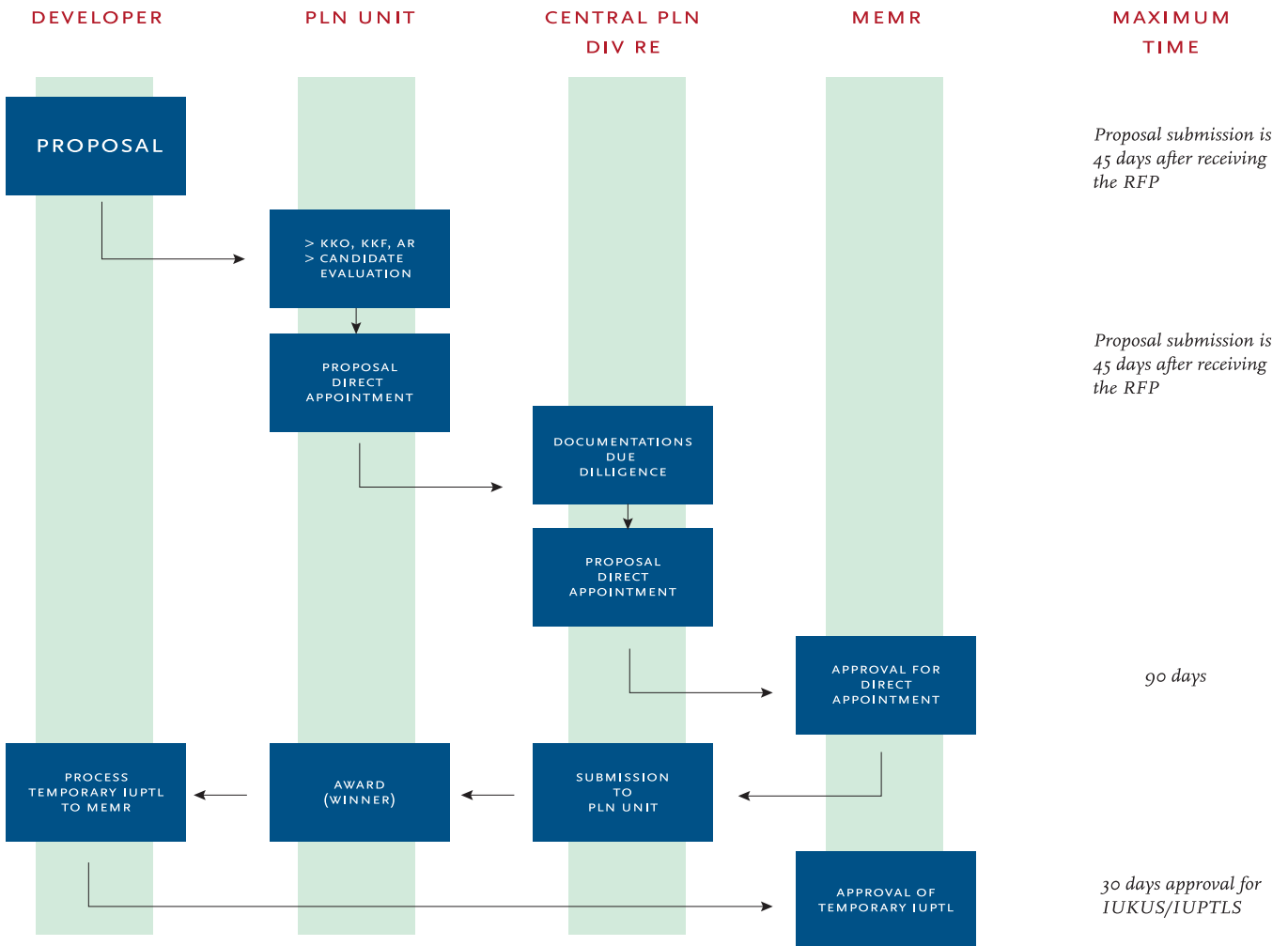
Proyek IPP energi terbarukan skala kecil mungkin memakan waktu tiga sampai lima tahun dari inisiasi proyek sampai tanggal operasi secara komersialnya (commercial operation date - COD), di mana sponsor proyek harus mengidentifikasi peluang proyek, melakukan studi kelayakan, memperoleh semua izin yang relevan, masukan perjanjian jual beli listrik (PPA) dengan PLN sebagai pembeli tradisional, mencapai pemenuhan pembiayaan, dan melaksanakan pekerjaan konstruksi.

Berdasarkan Peraturan Menteri ESDM No 14/2012, sponsor proyek dapat mengadakan PPA dengan PLN melalui proses penunjukan langsung, dengan menggunakan PPA energi terbarukan standar untuk jangka waktu (periode) tertentu dan harga jual beli listrik yang ditetapkan oleh tariff pembelian (Feed-In-Tariff – FIT) yang diatur berdasarkan Peraturan Menteri ESDM No 4/2012.

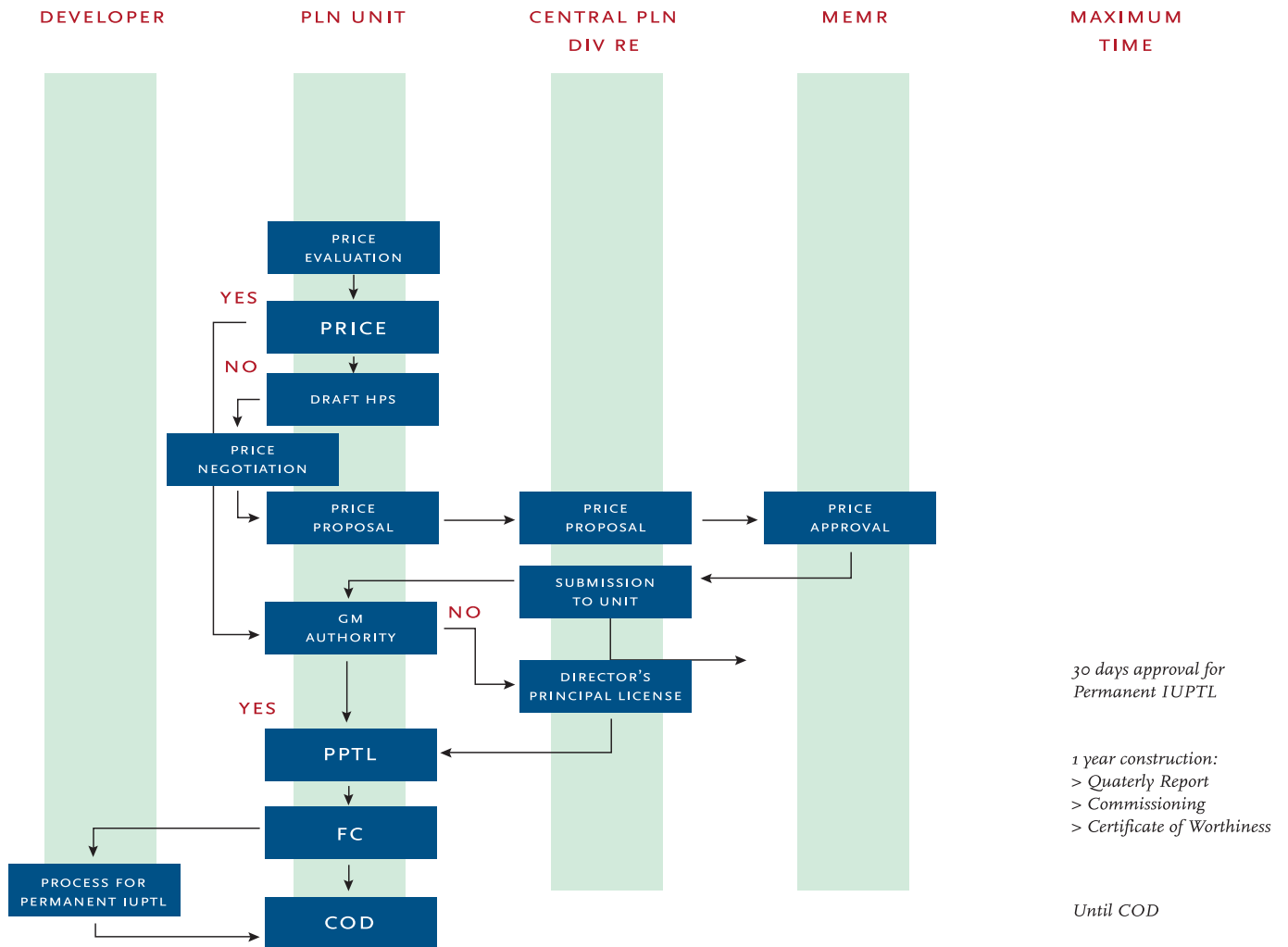
Meskipun harga pembelian adalah tetap, harga pembelian dapat disamaratakan atau “dibayar di muka” sesuai pedoman dalam Keputusan Direktur PLN. Proses PPA telah dibakukan, dan mencakup interaksi dengan PLN dan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (**Gambar 9** dan **10**).

————— **GAMBAR 9** —————  
**METODE PENUNJUKAN LANGSUNG**  
**UNTUK IPP ≤ 10W**

---



————— **GAMBAR 10** —————  
**PROSES PENETAPAN HARGA UNTUK  
 PROYEK ENERGI TERBARUKAN**  
 .....







**BUKU PEDOMAN ENERGI BERSIH**

# 3

## SKEMA PEMBIAYAAN UNTUK PROYEK ENERGI TERBARUKAN SKALA KECIL

Bagian ini menjelaskan pendekatan secara keseluruhan dari Tim Pengembangan Proyek ICED untuk membiayai proyek energi terbarukan yang menjanjikan, atas dasar pembiayaan proyek dengan bantuan yang terbatas/tanpa bantuan. Bagian ini akan menyarankan usulan strategi pembiayaan keseluruhan dengan asumsi dasar dan menetapkan alasan untuk pembiayaan proyek dengan bantuan terbatas atau tanpa bantuan. Bagian ini juga memberikan pembahasan singkat tentang penerapan proses Mekanisme Pembangunan Bersih (CDM) untuk membantu membuat proyek energi bersih lebih menarik secara keuangan, dan beberapa struktur transaksi yang disarankan untuk proyek pembangkit listrik tenaga air dan biogas skala kecil untuk dipertimbangkan oleh calon pengembang proyek energi bersih skala kecil.

---

# 3.1

## ANALISIS EKONOMI DAN KEUANGAN

---

Sehubungan dengan strategi dan pendekatan pembiayaan secara keseluruhan, dapat dibayangkan bahwa banyak proyek skala besar dan juga paket proyek akan disusun dan dibiayai dengan cara pembiayaan proyek dengan bantuan terbatas atau tanpa bantuan, dan dimiliki oleh perusahaan proyek bertujuan khusus (*special-purpose vehicle project company*) dengan memanfaatkan rasio utang terhadap modal yang umum yakni sebesar 70/30. Namun, dalam hal proyek biogas di industri kelapa sawit, bentuk kepemilikan dapat berupa perusahaan proyek IPP swasta terpisah atau pengaturan perusahaan investasi patungan antara pengembang dan pemilik pabrik kelapa sawit.

---

### 3.1.1 // ASPEK PENTING DAN ASUMSI DASAR

---

**Aspek penting dan asumsi dasar** umum yang dibuat oleh perusahaan proyek atau perusahaan patungan dalam menentukan kelangsungan keuangan secara keseluruhan dari sebuah usulan proyek energi terbarukan skala kecil dibahas di bawah ini.

- » Tingkat utang terhadap modal yang digunakan untuk sebagian besar proyek pembangkit listrik tenaga air skala kecil diasumsikan sebesar 70/30, yang harus cukup untuk menjamin rasio perlindungan utang minimal 1,2 atau lebih tinggi dapat dipertahankan selama periode pembayaran pinjaman untuk peluang proyek energi terbarukan yang layak secara komersial.
- » Tingkat utang terhadap modal untuk proyek pembangkit listrik tenaga biomassa dan biogas dapat berkisar antara 70/30 dan 80/20, tergantung pada bagaimana proyek tersebut disusun.
- » Semua bea masuk yang relevan akan dibebaskan untuk proyek pembangkit listrik tenaga air, biomassa, dan biogas skala kecil yang disetujui.
- » Proyek ini juga memenuhi syarat untuk percepatan penyusutan, tetapi mereka masih harus membayar PPN atas semua penjualan listrik ke jaringan PLN 150 kV atau 20 kV.
- » FIT untuk proyek yang disetujui yang sedang dikembangkan di provinsi Sumatera Utara, Aceh, dan Riau akan mencakup pengali geografis 1,2 (perkiraan untuk proyek biomassa, biogas dan sampah perkotaan).
- » Juga diharapkan agar CDM berdasarkan Protokol Kyoto mengenai gas rumah kaca (GRK) diperbarui dan diperpanjang dengan kerangka, syarat dan ketentuan yang kira-kira sama untuk kelayakannya agar proyek ini masih bisa memenuhi syarat untuk pengurangan emisi bersertifikat (CER) untuk diperdagangkan setelah tahun 2013 selama proyek ini dapat membuktikan adisionalitasnya.

---

### 3.1.2 // ALASAN UNTUK PEMBIAYAAN PROYEK DENGAN BANTUAN TERBATAS ATAU TANPA BANTUAN

---

Unsur-unsur utama yang dapat dibiayai dari paket keamanan proyek yang menjustifikasi bergerak dengan dasar pembiayaan proyek dengan bantuan terbatas atau tanpa batasan adalah berbagai perjanjian pembelian eksklusif, pengaturan tarif beli (FIT) tetap, kepemilikan lahan atau sewa hak, izin akses kehutanan, hak air, lisensi dan izin setempat, izin konstruksi, pelepasan bea masuk, sertifikat perdagangan CER, rekening penampungan dan cadangan, peningkatan kredit, dan perlindungan asuransi bahwa perusahaan proyek telah tersedia atau masih harus diperoleh seiring dengan pemenuhan berbagai dokumen proyek yang terdiri dari paket jaminan proyek selama tahap perencanaan proyek.

Pengaturan eksklusif ini mencakup, tetapi tidak terbatas pada hal sebagai berikut:

- » Perjanjian jual beli listrik jangka panjang (PPA) dengan PLN pada tingkat harga yang ditetapkan FIT untuk teknologi energi terbarukan tertentu untuk daerah geografis tersebut
- » Kontrak distribusi untuk penjualan produk sampingan tambahan untuk penggunaan tanah dan pupuk dalam hal proyek biogas
- » Perjanjian CDM Akhir, termasuk izin untuk memperdagangkan kredit CER
- » Akses lahan atau perjanjian kepemilikan jangka panjang
- » Izin akses kehutanan dan hak air dalam hal proyek pembangkit listrik tenaga air skala kecil
- » Izin penentuan lokasi dan konstruksi dari pemerintah provinsi dan kota
- » Perjanjian pasokan bahan bakar jangka panjang dalam hal proyek pembangkit listrik tenaga biomassa
- » Pembebasan bea masuk dan cukai untuk peralatan yang diimpor
- » Kontrak EPC dengan kinerja yang dilaksanakan dan ganti rugi tunai
- » Perpanjangan jaminan pembangkit listrik dan proses
- » Rekening penampungan dan/atau cadangan wajib
- » Perlindungan jaminan kredit parsial atas utang senior
- » Paket asuransi yang sesuai sebagaimana yang dapat diwajibkan oleh pemberi pinjaman.

---

# 3.2

## SUMBER PEMBIAYAAN POTENSIAL UNTUK PROYEK ENERGI TERBARUKAN

---

### 3.2.1 // PEMBIAYAAN UTANG

---

Tim Pengembangan Proyek ICED telah mengidentifikasi sumber utang potensial berikut ini, bersama dengan persyaratan dan ketentuan komersial indikatifnya untuk mendanai proyek atas dasar pembiayaan proyek bantuan terbatas yang mencakup:

- » **Pinjaman “A” International Finance Corporation (IFC)**  
Pinjaman dolar AS dari rekening IFC sendiri. Paparan dibatasi sampai 25% dari biaya proyek keseluruhan untuk proyek “greenfield” sampai dengan maksimal \$ 100 juta, dengan tenor yang tepat sejalan dengan arus kas proyek, ditambah tenggang waktu hingga dua tahun selama pembangunan konstruksi, dan suku bunga berdasarkan suku bunga LIBOR 6 bulanan plus sekitar 350-500 basis poin untuk proyek yang didukung dengan jaminan perusahaan yang kuat dan LIBOR plus 500-600 basis poin untuk proyek yang dikembangkan oleh perusahaan yang baru berdiri, kecuali jaminan risiko parsial dapat diperoleh dari Bank Dunia. Jika jaminan tersebut dapat diperoleh, hal itu akan menghemat sekitar 100 basis poin dan memperpanjang tenor selama 1-2 tahun lagi. Pinjaman dapat diberikan dalam mata uang dolar atau rupiah, dan dapat memiliki tenor maksimal 12 tahun. Jaminan risiko parsial dari Bank Dunia membutuhkan jaminan pemerintah negara tuan rumah.
- » **Pinjaman “A” Asian Development Bank**  
Plafon umumnya sebesar 25% dari biaya proyek keseluruhan sampai dengan maksimal \$ 100 juta, tenor 10 - 12 tahun termasuk masa tenggang sampai dengan 2 tahun, dan suku bunga berdasarkan suku bunga LIBOR 6 bulanan plus selisih yang mirip dengan apa yang ditawarkan oleh IFC di pasar kredit yang ketat saat ini. ADB juga dapat menawarkan utang berdenominasi rupiah, serta jaminan risiko parsial tanpa jaminan pemerintah.
- » **Pinjaman “B” Asian Development Bank**  
Sindikasi Bank Umum yang ditanggung oleh ADB, tenor 5-7 tahun, dan suku bunga sebesar suku bunga LIBOR 6 bulanan plus sekitar 500-600 basis poin untuk Indonesia.

- » **Japanese International Cooperation Agency (JICA)**

JICA merupakan bagian dari upaya bantuan pembangunan resmi Jepang dan memainkan peran utama dalam menyediakan kerjasama teknis, hibah modal dan pinjaman dalam mata uang yen. Dengan demikian, JICA telah menjadi salah satu organisasi pembangunan bilateral terbesar di dunia, dengan sumber daya keuangan yang tersedia sebesar sekitar 1 triliun yen (US \$ 8,5 miliar). Program pembangunan inti JICA (modalitas bantuan) adalah program/ proyek bantuan teknis untuk pengembangan kapasitas dan kelembagaan, studi kelayakan dan rencana induk. Badan yang telah direorganisasi ini juga bertanggung jawab untuk mengelola bagian dari bantuan hibah Jepang, yang saat ini berada di bawah yurisdiksi Kementerian Luar Negeri. Dengan demikian, ketiga komponen bantuan pembangunan luar negeri utama - kerjasama teknis, bantuan hibah, dan pinjaman lunak- kini dikelola “di bawah satu atap”. Setidaknya satu pengembang proyek yang bekerja sama dengan ICED telah mampu menerima bantuan studi kelayakan pendahuluan, serta komitmen utang jangka panjang melalui JICA dengan syarat dan ketentuan yang sangat menarik, termasuk tenor selama 20 tahun ditambah sampai dengan masa tenggang selama 5 tahun dan suku bunga di bawah pasar (antara 6,0 dan 8,0% untuk pembayaran bunga saja selama konstruksi dan 9,5-10,5% setelah selesainya konstruksi).
- » **Bank Ekspor-Import Amerika Serikat**

Dana Bank Ekspor – Import AS berbasis LIBOR, dan tersedia dengan suku bunga tetap atau suku bunga variabel. Jumlah pinjaman langsung dapat sama dengan 85 % dari kandungan ekspor dari AS plus 15 % dari biaya lokal, serta kapitalisasi biaya paparan dan kapitalisasi bunga selama konstruksi untuk proyek dengan dampak lingkungan yang minimal. Selain itu, Bank Ekspor-Import AS baru-baru ini menciptakan sebuah produk baru untuk pembiayaan lingkungan hidup bersih yang dikenal dengan nama Program Ekspor Lingkungan Hidup. Program ini dapat menawarkan jaminan pinjaman hingga 100 % dari kandungan ekspor AS ditambah 30 % dari biaya lokal dalam lingkup pasokan AS, dengan tenor sampai dengan 18 tahun ditambah masa tenggang 18 bulan selama konstruksi. Suku bunga untuk produk ini didasarkan pada hasil obligasi Kementerian Keuangan AS ditambah 100 basis poin dan biaya paparan satu kali (lihat [www.exim.gov/feecalc](http://www.exim.gov/feecalc) untuk estimasi biaya paparan terbaru). Namun, pinjaman hanya dapat dilakukan dalam dolar AS dan karena itu harus dilindungi nilainya dari risiko mata uang. Selain itu, pinjaman tersebut tidak memerlukan jaminan pemerintah atau comfort letter pemerintah. Peralatan yang diekspor dari Amerika Serikat di bawah program bunga tetap pinjaman langsung harus dikirim dengan kapal berbendera Amerika Serikat.
- » **Bank Umum Daerah di Indonesia**

Utang daerah dalam rupiah dengan cepat menjadi alternatif yang menarik di Indonesia. Syarat umum untuk proyek infrastruktur energi terbarukan di Indonesia saat ini adalah tenor selama lima sampai tujuh tahun dengan masa tenggang yang dinegosiasikan selama pembangunan hingga dua tahun dengan suku bunga sekitar 10,0-11,5%. Utang berdenominasi dolar AS dari bank umum daerah biasanya dapat menghemat 50 basis poin jika nilainya dilindungi (hedging) melalui salah satu lembaga tersebut.
- » **Pembiayaan Vendor**

Calon vendor peralatan juga mungkin bersedia untuk memberikan pembiayaan vendor dan / atau memperpanjang jangka waktu pembayaran untuk proyek seperti ini jika didukung oleh jaminan perusahaan yang kuat.

### Jaminan Pendukung Potensial

Diasumsikan bahwa banyak jaminan pendukung berikut ini akan diperlukan untuk mengamankan pinjaman jangka panjang untuk proyek terpadu:

- » Hipotek atas semua fasilitas pembangkit listrik perusahaan, lahan, dan aset tetap terkait lainnya
- » Pengalihan agunan dari semua kontrak pasokan ritel dan perjanjian pembelian sampai utang senior telah lewat
- » Lock box atau agen penampungan yang dikelola oleh bank umum internasional terkemuka sebagai wali amanat perusahaan proyek
- » Kemungkinan pembentukan dana cadangan prabayar yang cukup untuk menutupi setidaknya layanan utang enam bulan
- » Penugasan akun cadangan prabayar dan akun pendapatan lain sampai utang senior telah berakhir
- » Hak ikut serta dalam hal wanprestasi yang tidak dapat diperbaiki, dimana pemberi pinjaman memiliki hak untuk menanggung operasi perusahaan proyek, serta melaksanakan kewenangan untuk menunjuk pengurus pengganti
- » Pengaturan inter-kreditur yang memberi jaminan terhadap penegakan yang mengganggu atas hak tanggungan yang berbeda dari berbagai pemberi pinjaman.

---

## 3.2.2 // PEMBIAYAAN MEZZANINE DAN SYARIAH

---

Utang subordinasi atau konversi adalah salah satu cara agar pengembang dapat menjembatani kesenjangan pembiayaan 20 % atau, sebagai alternatif, mengatur pembiayaan pembangunan jangka pendek untuk memenuhi kewajiban kontrak berdasarkan syarat dan ketentuan PPA jangka panjang:

- » **Pinjaman “C” International Finance Corporation**  
IFC menawarkan utang subordinasi dengan periode pembayaran tetap selama 5-7 tahun, saham preferen tanpa jadwal pembayaran, atau beberapa kombinasi, seringkali dengan suku bunga kupon dan partisipasi pendapatan atau opsi untuk mengkonversi fitur. Utang subordinasi tersebut tidak berjaminan dan sebagai akibatnya, dikenakan harga keseluruhan yang lebih tinggi dan harapan perolehan yang lebih tinggi atas investasi dibandingkan dengan pinjaman “A” IFC. Suku bunga efektif berkisar 17-20 % tergantung pada kesehatan keseluruhan proyek secara dan proyeksi kekuatan arus kas.
- » **Industrial Decisions Inc. (IDI)**  
IDI telah memberikan pembiayaan mezzanine untuk proyek pembangkit listrik tenaga air skala kecil sebesar 7,5 MW di Sumatera Barat yang terstruktur secara pembiayaan proyek. Pembiayaan ini disusun untuk dapat mempertimbangkan utang subordinasi yang dapat dikonversi menjadi modal dalam proyek biomassa dan biogas. Saat ini, IDI memiliki batas pembiayaan mezzanine sekitar \$ 3,0 juta per proyek energi terbarukan skala kecil, yang siap disediakan dengan suku bunga efektif sebesar 20 %.
- » **PT Sarana Multi Infrastruktur (SMI)**  
SMI saat ini agresif mencari peluang pembiayaan mezzanine dalam proyek pembangkit listrik tenaga air skala kecil dan kini sedang mempertimbangkan untuk memperluas penawaran untuk pengembang proyek pembangkit listrik tenaga biomassa dan biogas.

- » **PT Indonesia Infrastructure Finance (IIF)**  
 Fasilitas pinjaman yang disponsori pemerintah ini saat ini hanya menyediakan pembiayaan mezzanine untuk proyek energi besar, tetapi diperkirakan dapat segera memberikan pinjaman subordinasi tersebut kepada pengembang proyek energi terbarukan skala kecil.
- » **Bank Syariah**  
 Bank BRI Syariah, Bank Muamalat dan Bank Syariah Mandiri menyediakan dana untuk proyek pembangkit listrik tenaga air skala kecil untuk klien yang memiliki hubungan perbankan lama yang telah terbukti dengan mereka dan memiliki rekam jejak pembayaran utang sangat baik. Pinjaman ini biasanya memiliki biaya modal efektif sekitar 13,5 % dengan tenor yang dapat dinegosiasikan.

---

### 3.2.3 // MITRA MODAL POTENSIAL YANG TERTARIK DALAM INVESTASI ENERGI BERSIH

---

Mitra modal potensial yang tertarik untuk ambil bagian dalam gelombang pertama investasi dalam proyek energi terbarukan di Indonesia masih terbatas. Ringkasan peserta modal potensial yang telah ditemui oleh Tim Pengembangan Proyek ICED sampai saat ini dan yang tampaknya bersedia untuk mempertimbangkan investasi tersebut dalam proyek energi bersih di Indonesia saat ini meliputi:

- » **International Finance Corporation**  
 Dengan dana sendiri IFC dapat menyediakan dana hingga 25% dari total kebutuhan pembiayaan proyek dalam bentuk pinjaman “A” plus modal pada peluang proyek tertentu.
- » **Nusantara Infrastructure (NI)**  
 NI adalah perusahaan permodalan swasta Nusantara, salah satu konglomerat terbesar di Indonesia saat ini. NI terutama tertarik dalam memperluas portofolio investasi ke bidang energi terbarukan, terutama untuk peluang proyek pembangkit listrik tenaga air, biomassa, dan PV surya yang menjanjikan.
- » **Armstrong Asset Management (AAM)**  
 AAM saat ini memiliki \$ 65 juta yang tersedia untuk diinvestasikan di peluang proyek PV surya dan pembangkit listrik tenaga air yang menjanjikan di Asia Tenggara. Dana tersebut diharapkan ada dua kali lipat jumlahnya pada bulan Juli 2013.
- » **Industrial Decisions Inc. (IDI)**  
 Selain memberikan pembiayaan utang hibrid, IDI membuat investasi modal terutama dalam perusahaan induk yang memiliki satu atau lebih perusahaan proyek kendaraan tujuan khusus.

---

### 3.2.4 // HARAPAN HASIL PENGEMBALIAN MODAL DARI CALON INVESTOR

---

Tim ICED juga telah bertemu dengan sejumlah calon investor lokal, investor strategis, dana modal dan dana modal hijau, pemodal ventura, investor multilateral, dan investor institusional terpilih selama 18 bulan terakhir untuk mengukur harapan mereka saat ini mengenai perkiraan atau kewajiban hasil pengembalian untuk peluang investasi potensial di sektor energi bersih di Indonesia. Hasil survei informal disajikan pada **Tabel 2**.



————— *TABEL 2* —————  
**HARAPAN TINGKAT HASIL PENGEMBALIAN  
BERDASARKAN KELAS INVESTOR**

KATEGORI ATAU JENIS INVESTOR	HARAPAN KISARAN TINGKAT HASIL PENGEMBALIAN MODAL
Dana Modal Hijau	12 – 16%
Investor lokal	14–17%
Investor Strategis	15–18%
IFC	17–20%
Dana modal	18 – 20%
Investors Institusional	20–24%
Pemodal ventura	24–30%

### 3.2.5 // SARAN OPSI STRATEGI KELUAR UNTUK CALON INVESTOR

Ada sejumlah strategi keluar yang mungkin untuk mitra modal awal dalam perusahaan kendaraan tujuan khusus atau perusahaan patungan proyek, termasuk penawaran umum perdana di Bursa Efek Indonesia dalam waktu tiga sampai empat tahun setelah penyelesaian dan operasi komersial fasilitas. Namun, kemungkinan strategi keluar jangka pendek yang paling kredibel untuk calon investor multilateral dan institusional adalah penjualan saham kepada pemilik saat ini, investor strategis baru, atau dana modal hijau yang tertarik menembus pasar energi terbarukan di Indonesia dengan pesat. Pilihan akhir untuk dipertimbangkan oleh investor multilateral dan institusional adalah penjualan saham sebagai bagian dari tawaran pengambilalihan secara bersahabat dari pengembang energi terbarukan lainnya karena industri yang baru lahir ini semakin mapan waktu ke waktu, atau mitra strategis yang ada yang tertarik dalam memperluas kepemilikannya di perusahaan proyek.

---

# 3.3

## PENERAPAN PROSES CDM UNTUK PROYEK ENERGI BERSIH INDONESIA

---

Mekanisme Pembangunan Bersih (CDM) merupakan salah satu instrumen yang dibentuk oleh Protokol Kyoto 1997 untuk Konvensi Kerangka Kerja PBB tentang Perubahan Iklim (UNFCCC). Mekanisme ini memungkinkan negara-negara industri dan negara-negara dengan ekonomi dalam transisi, yang secara kolektif dikenal sebagai negara Annex I, untuk mendapatkan kredit untuk pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK) yang dicapai melalui proyek yang dilakukan di negara pasar berkembang dan baru tumbuh. Seperti yang didefinisikan oleh Pasal 12 dari Protokol, CDM memiliki dua tujuan : untuk membantu negara-negara Annex I dalam memenuhi komitmen Kyoto mereka, dan untuk membantu negara non-Annex I mencapai pembangunan berkelanjutan. Dengan demikian, di bawah CDM, negara Annex I atau perusahaan swasta dapat terlibat dalam Proyek di Negara non-Annex I yang mengurangi emisi gas rumah kaca dan membantu negara non-Annex I mencapai pembangunan berkelanjutan. Negara Annex I dapat menggunakan pengurangan emisi bersertifikat (CER) yang dihasilkan melalui proyek CDM untuk membantu mereka memenuhi komitmen Kyoto mereka.

Tujuan utama dari proses CDM adalah untuk membantu negara berkembang mencapai pembangunan berkelanjutan. Pembangunan berkelanjutan adalah konsep yang luas yang mencakup kelestarian lingkungan, pembangunan ekonomi, dan keadilan sosial. Pada prinsipnya, proyek pembangkit listrik tenaga air, tenaga biomassa, dan biogas skala kecil memenuhi syarat berdasarkan CDM karena proyek tersebut jelas berkontribusi terhadap dua tujuan utama proses CDM: pembangunan berkelanjutan di negara-negara berkembang dan pencapaian sebagian dari target Kyoto di negara maju. Untuk dimasukkan dalam proyek CDM, proyek tersebut harus terlebih dahulu mengatasi beberapa hambatan, seperti menentukan garis awal dan membuktikan perubahan emisi. Dengan demikian, proses CDM dapat menjadi sumber potensial pendanaan untuk proyek energi terbarukan kurang dari 10 MW, tetapi hanya dalam keadaan tertentu yang sangat ketat. Selain itu, hal itu akan mengharuskan metodologi dan kegiatan monitoring spesifik yang disetujui untuk menentukan pengurangan emisi harus ditetapkan terlebih dahulu. Akhirnya, perlu dicatat bahwa pondasi Kyoto Accord berakhir pada akhir tahun 2012 dan belum ada kesepakatan pengganti.

---

# 3.4

## SARAN STRUKTUR TRANSAKSI UNTUK PROYEK ENERGI BERSIH SKALA KECIL

---

### 3.4.1 // PROYEK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR SKALA KECIL

---

Sebagai premis dasar, Tim Pengembangan Proyek ICED sangat merasa bahwa proyek yang diusulkan tidak akan pernah mencapai pemenuhan pembiayaan atau dibangun kecuali semua orang di sekitarnya dianggap sebagai pemenang dari awal. Dalam hal ini, salah satu hal pertama yang harus dilakukan calon pengembang proyek setelah studi kelayakan awal adalah mengembangkan saran struktur transaksi yang menggambarkan interaksi antara berbagai pihak yang terlibat. Saran struktur transaksi untuk proyek pembangkit listrik tenaga air 10 MW disajikan pada **Gambar 11**.

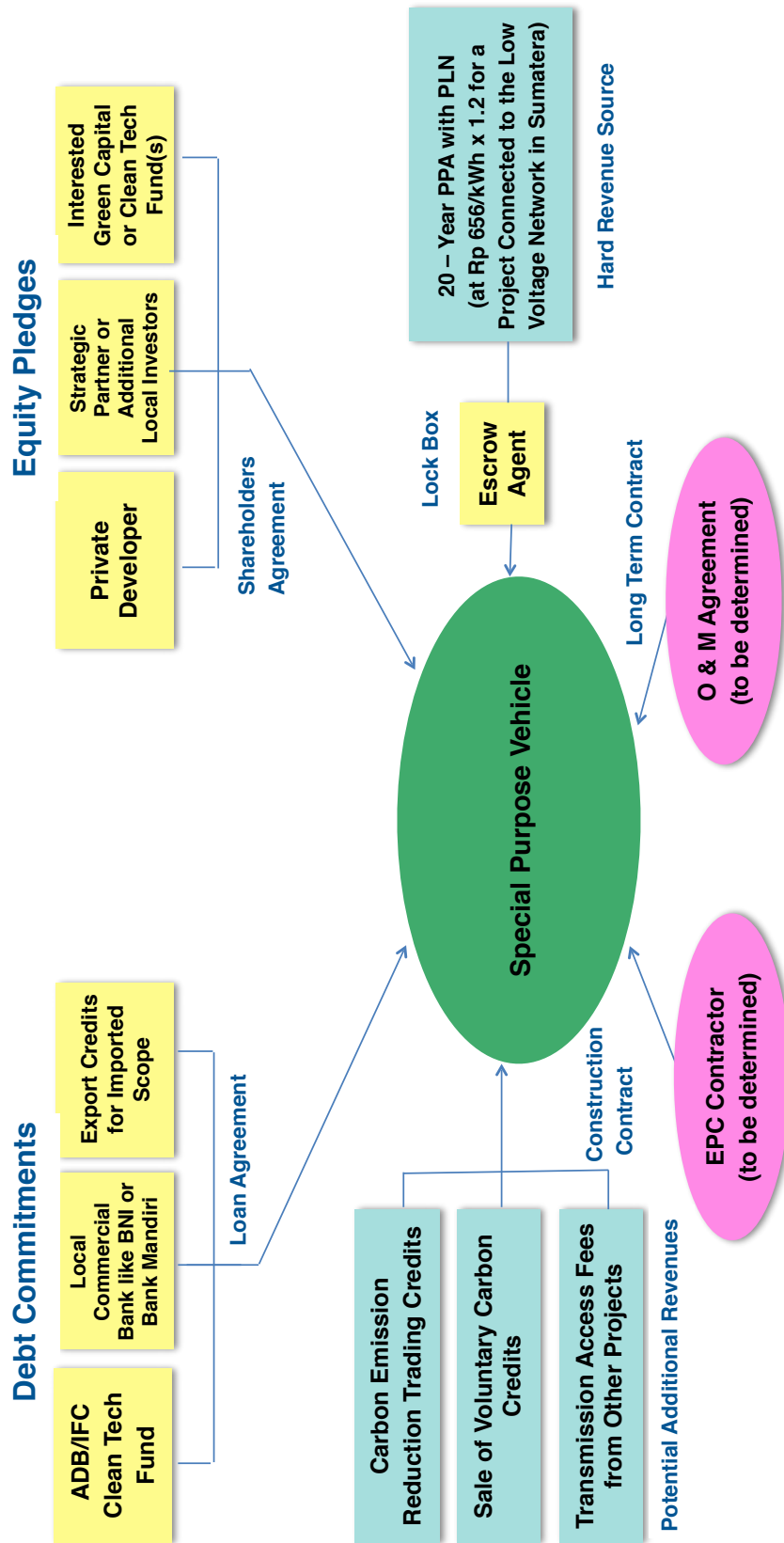
---

### 3.4.2 // PROYEK BIOGAS SKALA KECIL

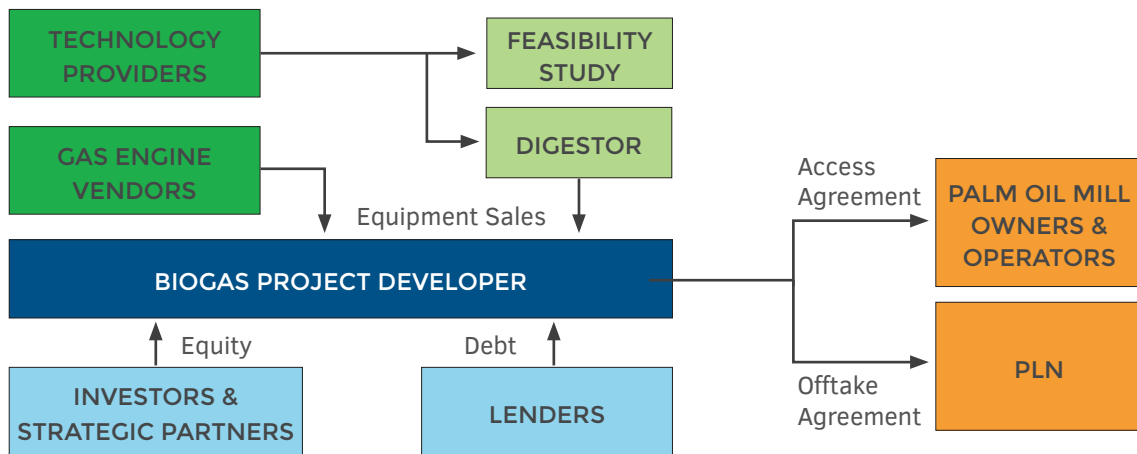
---

Demikian pula, usulan struktur transaksi yang menunjukkan interaksi antara berbagai peserta selama tahap pelaksanaan proyek dan operasi komersial dari kedua biogas yang berdiri sendiri dan pendekatan paket disajikan pada **Gambar 12** sampai **14**.

SARAN STRUKTUR TRANSAKSI UNTUK PROYEK PEMBANGKIT LISTRIK  
TENAGA AIR YANG DIDANAI ATAS DASAR PENDANAAN PROYEK

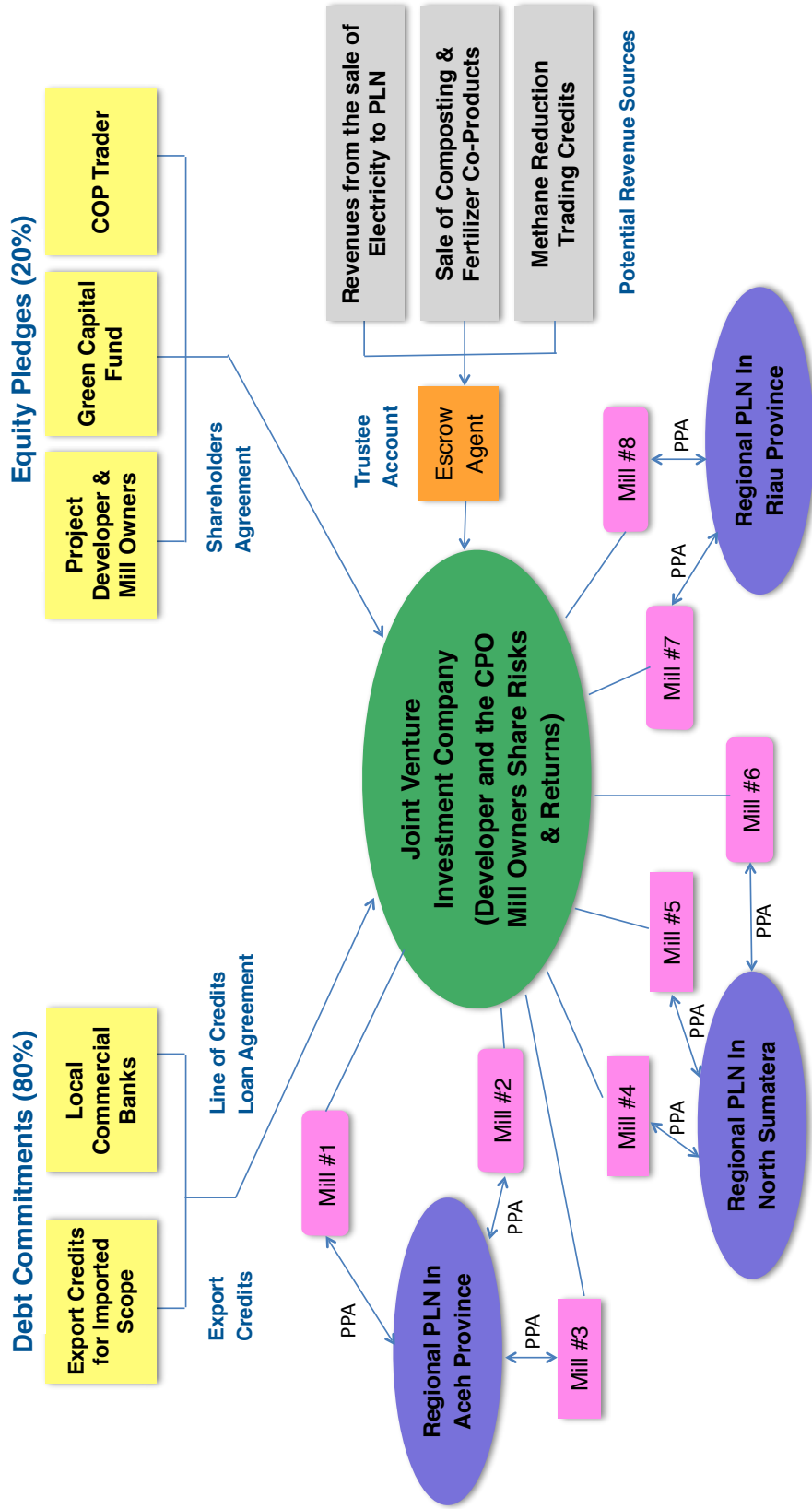


————— *GAMBAR 12* —————  
 HUBUNGAN ANTARA PESERTA UMUM DALAM SUATU  
 PROYEK BIOGAS PADA INDUSTRI KELAPA SAWIT  
 .....

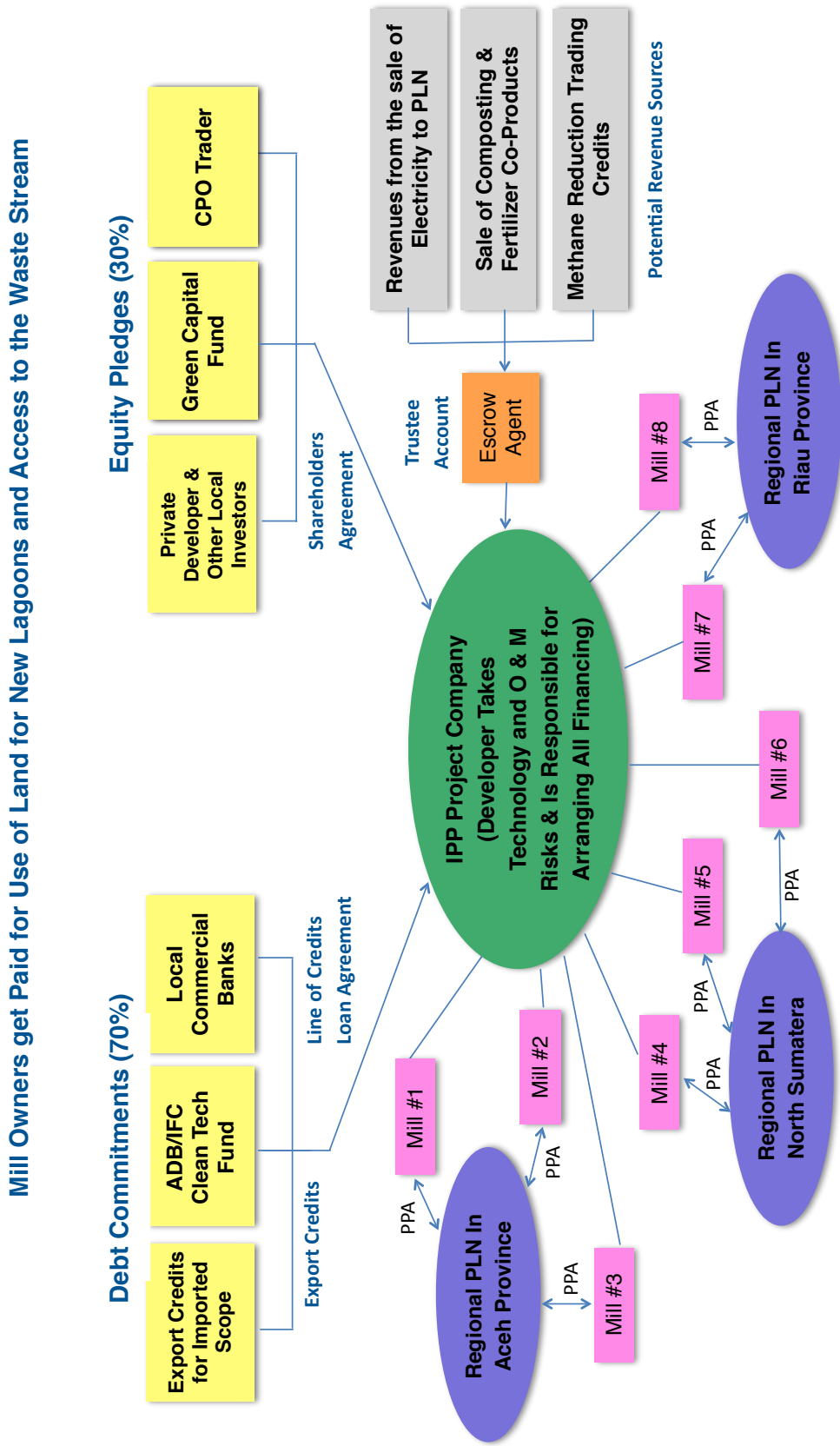


STRUKTUR PROYEK BIOGAS PAKET YANG DIKEMBANGKAN OLEH IPP SWASTA DENGAN SKEMA PEMBIAYAAN PROYEK

**Mill Owners Contribute Land, Access to the Waste Stream, and Provide Backstop Guarantee**



GAMBAR 14  
STRUKTUR PROYEK BIOGAS PAKET YANG DIKEMBANGKAN  
SEBAGAI USAHA PATUNGAN DENGAN SKEMA PEMBIAYAAN PROYEK










**BUKU PEDOMAN ENERGI BERSIH**



# 4

## **PENDEKATAN ICED UNTUK MENGEVALUASI PROYEK ENERGI BERSIH**

Terdapat tiga aspek utama dalam pengembangan proyek energi bersih : teknis, hukum dan keuangan. Proyek energi bersih yang kuat harus membahas ketiga aspek secara bersamaan, karena mereka semua saling berkenaan.



**Gambar 15** menunjukkan berbagai masalah dalam setiap aspek, area di mana lingkaran tampak tumpang tindih menunjukkan di mana masalah ini dapat menyebabkan potensi risiko selama tahap pengembangan dan implementasi. Hal ini diperlukan untuk memastikan bahwa semua risiko yang terkait dengan masalah penting telah diidentifikasi, dievaluasi dan ditanggulangi.

Rincian masing-masing aspek dibahas di bagian yang berbeda dalam buku ini (aspek hukum di Bagian 2, aspek keuangan di bagian 3, aspek teknis di bagian 5,6,7,8, dan 9). Karena sebagian besar penilaian proyek akan dilakukan oleh konsultan, bagian ini memberikan pedoman bagi calon pemberi pinjaman dan investor dalam bentuk daftar periksa umum untuk setiap aspek.

————— **GAMBAR 15** —————  
**PERMASALAHAN DALAM SETIAP ASPEK PENTING  
DALAM PENGEMBANGAN PROYEK ENERGI BERSIH**  
.....



---

# 4.1

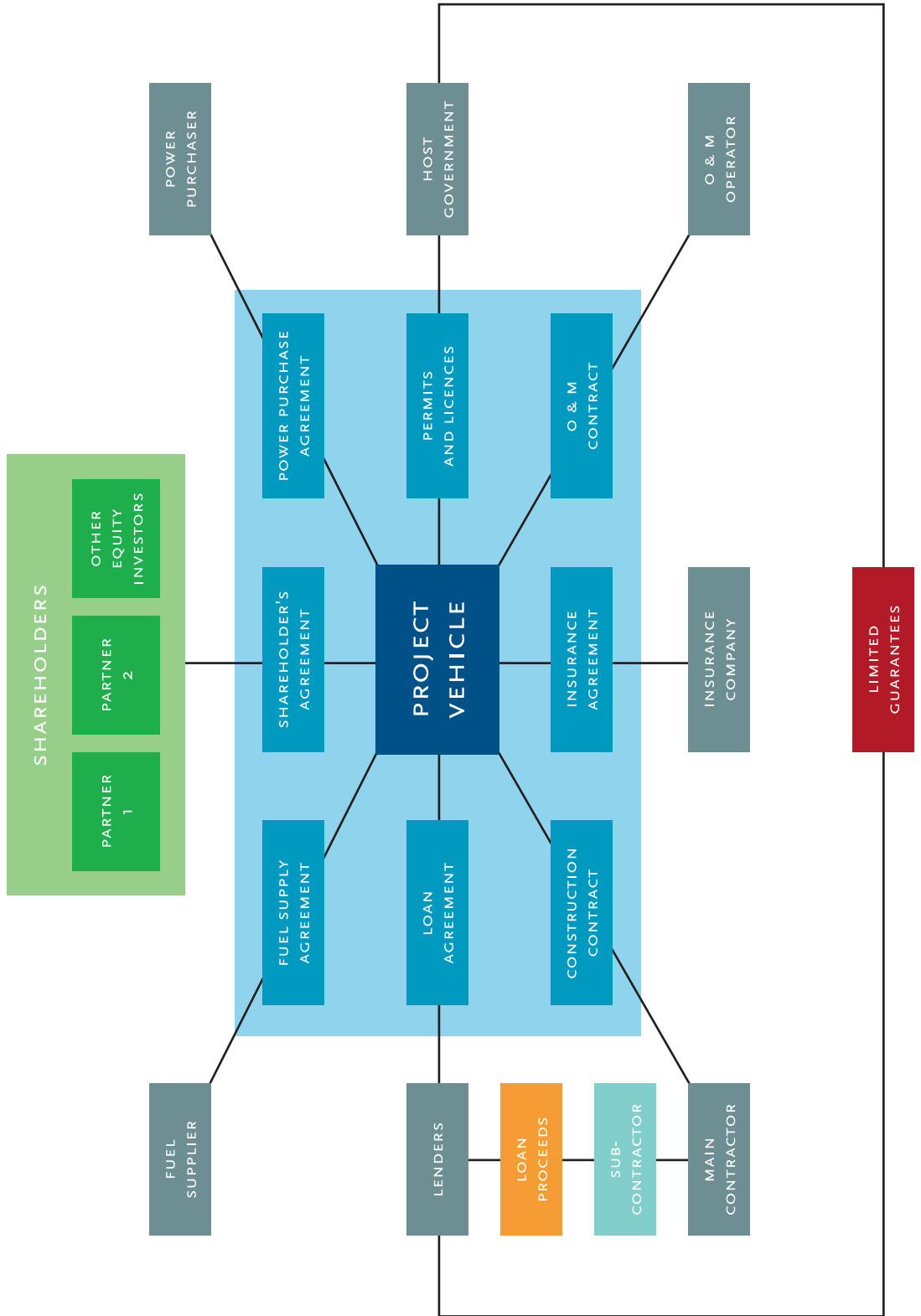
## ASPEK HUKUM

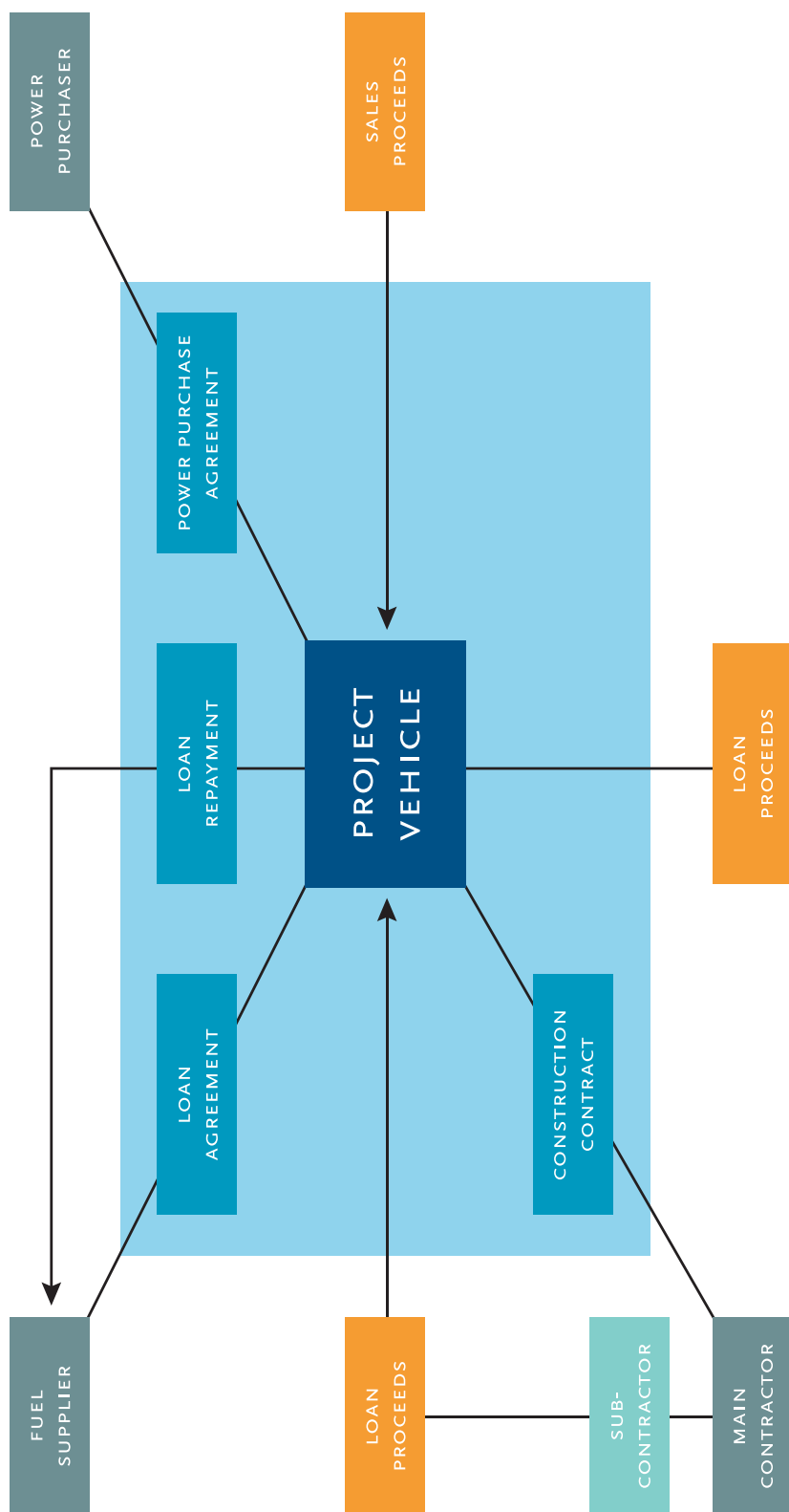
---

Proyek energi terbarukan biasanya dibiayai melalui pembiayaan proyek bantuan terbatas atau pembiayaan neraca bantuan penuh (**Gambar 16**). Pemahaman yang kuat tentang struktur pembiayaan yang direncanakan sangat fundamental dalam suatu studi kelayakan untuk dapat membantu menilai kelayakan ekonomi dari sebuah proyek yang diusulkan.

GAMBAR 16 STRUKTUR PROYEK PADA UMUMNYA

STRUKTUR BANTUAN TERBATAS, PEMBIAYAAN PROYEK





## 4.1.1 // EVALUASI PERUSAHAAN PROYEK DAN SPONSOR

NO	POIN UJI TUNTAS	CATATAN
1	Siapa saja para pemegang saham dan berapa persentase kepemilikan masing-masing pemegang saham di perusahaan proyek ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Pemegang Saham akan menanggung risiko modal mereka dalam proyek. Mereka mungkin menjadi pemain strategis jangka panjang, kontraktor, pemasok peralatan, atau investor keuangan murni. Bank mungkin mengharuskan setidaknya satu pemegang saham mayoritas memiliki pengalaman pengembangan proyek terbarukan atau pengalaman operasional yang signifikan. Jika pemegang saham tidak memiliki pengalaman tersebut, sponsor proyek dapat diwajibkan memiliki modal lebih besar atau setidaknya melakukan sejumlah pembiayaan modal kontijensi.</li> <li>→ Bank mungkin perlu meninjau struktur voting (proses pengambilan keputusan) untuk memastikan bahwa pemegang saham dengan pengalaman proyek yang paling banyak memiliki kepemilikan pengendali atau setidaknya kepentingan pengendali di perusahaan proyek.</li> <li>→ Dalam kondisi tertentu, bank juga mungkin mengharuskan perusahaan proyek menyertakan kepemilikan lokal.</li> </ul>
2	Apakah sponsor proyek memiliki bentuk hukum yang tepat? Apakah sponsor proyek memiliki lisensi/izin untuk mengembangkan dan mengoperasikan proyek energi terbarukan ?	Periksa anggaran dasar dan dokumen lain yang terkait dengan pendirian Perusahaan Proyek. Periksa izin/lisensi/otorisasi yang diperlukan untuk perusahaan proyek. Periksa apakah ada proses pengadilan yang masih menunggu putusan terhadap perusahaan proyek. Ini semua untuk memastikan bahwa Perusahaan Proyek memiliki kedudukan hukum yang baik, meminimalkan risiko hukum untuk pelaksanaan proyek yang sukses.
3	Kaji setiap perjanjian pemegang saham (struktur, prosedur pemungutan suara, dll)	Setiap klausul yang membatasi pengalihan saham atau aset dan setiap opsi atau hak untuk membeli saham yang ada akan mempengaruhi pengaturan keuangan, dan kewenangan dan legalitas keputusan dan kesepakatan dengan pihak ketiga (misalnya, bank).
4	Kaji perubahan struktur pemegang saham dengan masuknya pemegang saham baru (kenaikan modal, penerbitan saham baru)	Sebagai penanggulangan risiko, bank mungkin mewajibkan mekanisme yang memungkinkan investor baru untuk berpartisipasi dalam perusahaan proyek untuk memberikan kontribusi modal tambahan untuk proyek. Perjanjian pemegang saham juga harus mencakup ketentuan mengenai modal kontijensi yang dibutuhkan untuk menutupi pembengkakan biaya proyek dan biaya yang terkait dengan keterlambatan.
5	Kaji manajemen perusahaan dan biografi singkat dari setiap manajer dan anggota dewan	Manajer/anggota perusahaan yang memiliki latar belakang atau pengalaman dalam pertimbangan proyek/kontraktor proyek dan/atau teknologi energi terbarukan akan mengurangi risiko pengembangan proyek.
6	Kaji (secara proforma) laporan keuangan / model	Bank harus menentukan apakah asumsi proyek wajar, model keuangan telah diaudit, dan analisis sensitivitas/skenario telah dilakukan untuk menimbang berbagai risiko proyek. Bank harus memiliki spesialis teknis yang mengkaji model keuangan untuk memastikan bahwa struktur biaya dan produksi sesuai dari perspektif teknis. Misalnya, keluaran dari proyek PLTA bervariasi dari bulan ke bulan karena siklus hidrologi. Bank perlu memastikan bahwa model keuangan telah memperhitungkan variasi teknis tersebut.

NO	POIN UJI TUNTAS	CATATAN
7	Periksa dan kaji apakah sponsor proyek memiliki pengalaman proyek sebelumnya di Indonesia (dan negara lain)	Pengalaman proyek sebelumnya dengan desain, teknologi, dan ukuran yang sama akan menjadi keuntungan dalam pengembangan proyek. Untuk proyek biomassa/biogas, bank juga harus memastikan bahwa teknologi yang berfungsi di negara lain (dengan iklim yang berbeda) juga akan berfungsi di Indonesia. Sponsor untuk proyek pembangkit listrik tenaga air kecil mungkin tidak perlu memiliki pengalaman sebelumnya, tetapi jika tidak, mereka harus memiliki ahli yang berpengalaman, peralatan berkualitas, dan kontraktor sipil yang baik.
8	Periksa dan kaji apakah sponsor proyek memiliki rencana untuk mengembangkan proyek di masa yang akan datang (ini mungkin relevan dalam hal mencapai skala ekonomi dalam pembiayaan).	Bank memiliki strategi pertumbuhan jangka panjang dalam memberikan pinjaman kepada suatu sektor. Pengetahuan tentang rencana bisnis peminjam akan membantu bank dalam menyusun portofolio dan membuat keputusan strategis atas usulan portofolio proyek, dan dalam menyesuaikan persyaratan dan ketentuan pembiayaan.
9	Periksa dan kaji apakah sponsor proyek memiliki strategi perusahaan untuk sektor ini dan kebijakan pengelolaan keuangan (termasuk rasio keuangan, kebijakan dividen, dll).	Sebuah bank mungkin mewajibkan sponsor proyek untuk memenuhi persyaratan bank terkait reinvestasi dan kebijakan dividen, agar tidak membahayakan pembayaran utang ke bank.
10	Jika sponsor kekurangan modal, periksa dan kaji apakah perusahaan proyek memiliki rencana untuk mengakses pasar modal atau mendekati investor modal lainnya di masa yang akan datang.	Bank mungkin akan meminta pemegang saham yang berkomitmen untuk menyediakan kontribusi modal kontijensi untuk menutupi risiko pembengkakan biaya, pembayaran ganti rugi, atau terjadinya peristiwa keadaan kahar.



## 4.1.2 // DAFTAR PERIKSA UJI TUNTAS SPONSOR PROYEK

NO	POIN UJI TUNTAS	INFORMASI YANG DIPERLUKAN	PERIKSA YA - TIDAK
1	Pemegang Saham dan persentase kepemilikan masing-masing pemegang saham dalam perusahaan proyek	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Nama perusahaan Proyek: PT XXXX</li> <li>Pemegang saham:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Pemegang saham 1 : ? %</li> <li>b. Pemegang saham 2 : ? %</li> <li>c. Pemegang saham 3 : ? %</li> <li>d. Pemegang saham 4 : ? %</li> </ul> </li> </ul>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2	Perizinan Perusahaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Surat Persetujuan Penanaman Modal Asing (“SP-PMA”)</li> <li>→ Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia, persetujuan akta pendirian IPP</li> <li>→ Surat Keterangan Domisili yang dikeluarkan oleh Camat</li> <li>→ Pendaftaran Akta Pendirian pada DOT</li> <li>→ Laporan Tahunan Keuangan Perusahaan</li> <li>→ Laporan Kegiatan Penanaman Modal Domestik dan Asing</li> </ul>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3	Kajian Kepemilikan Saham	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Persetujuan pemegang saham</li> <li>→ Perubahan susunan pemegang saham</li> <li>→ Prosedur voting</li> </ul>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
4	Kajian manajemen perusahaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ CV setiap manajer</li> <li>→ CV setiap anggota dewan</li> <li>→ Relevansi pengalaman latar belakang</li> </ul>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
5	Kajian Proforma	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Asumsi proyek wajar.</li> <li>→ Model keuangan diaudit</li> <li>→ Dilakukan analisis sensitivitas /skenario untuk menimbang berbagai risiko</li> <li>→ Struktur biaya dan produksi sesuai dari perspektif teknis</li> <li>→ Spesialis teknis terlibat dalam analisis</li> </ul>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6	Pengalaman sponsor proyek	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Pengalaman di proyek pembangkit listrik energi terbarukan di Indonesia</li> <li>→ Pengalaman di proyek pembangkit listrik yang sama/serupa</li> <li>→ Pengalaman di proyek pembangkit listrik energi terbarukan di luar negeri</li> </ul>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
7	Strategi perusahaan sponsor proyek	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Kebijakan pengelolaan keuangan (rasio keuangan, kebijakan dividen)</li> <li>→ Rencanakan untuk mengakses pasar modal/ investor di masa yang akan datang</li> <li>→ Rencana untuk mengembangkan proyek di masa yang akan datang</li> </ul>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

---

### 4.1.3 // EVALUASI PERJANJIAN PROYEK DAN KONTRAK

---

NO	POIN UJI TUNTAS	CATATAN
1	Dalam hal proyek pembangkit listrik tenaga air, periksa dan kaji hidrologi DAS, sungai, dan lokasi proyek yang sesuai.	Ini adalah masalah penting dalam proyek pembangkit listrik tenaga air. Bank harus memastikan bahwa proyek ini didasarkan pada studi hidrologi dan estimasi yang handal dan akurat.
2	Periksa dan kaji perjanjian sewa tanah	Ini adalah syarat tangguh untuk efektivitas PPA dan perjanjian pembiayaan. Bank akan mengharuskan masalah ini diselesaikan di awal tahap pengembangan proyek. Masalah ini sangat relevan dalam Proyek pembangkit listrik tenaga air karena sifat dari kolam penenang dan jalur air untuk saluran air, pipa pesat, dan jalur transmisi.
3	Periksa dan kaji interkoneksi dan pengaturan jalur transmisi	Persyaratan interkoneksi, perjanjian dan fasilitas yang direncanakan harus dikaji untuk menghindari kejutan yang tidak perlu di akhir fase konstruksi/ instalasi.
4	Periksa dan kaji program asuransi proyek (konstruksi pada semua pekerjaan, gangguan bisnis, kewajiban pihak ketiga, dll)	Bank mungkin mewajibkan perusahaan proyek untuk secara aktif terlibat dalam polis asuransi yang komprehensif. Atau, perusahaan proyek dapat mendelegasikan pertanggungungan kepada kontraktor (EPC dan O&M).

#### 4.1.4 // DAFTAR PERIKSA UJI TUNTAS KONTRAK PROYEK

NO	POIN UJI TUNTAS	INFORMASI YANG DIPERLUKAN	PERIKSA YA - TIDAK
1	Kajian PPA	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Ada PPA?</li> <li>→ Jenis kontrak PPA: (kontrak take-or-pay)?</li> <li>→ Jaminan atas kapasitas yang tersedia</li> <li>→ Klausul imbalan dan denda yang adil atas pemenuhan kapasitas kontrak</li> </ul>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2	Kajian kontrak EPC	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Kontrak EPC atau bukan</li> <li>→ Fitur penting EPC: <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Jaminan</li> <li>&gt; Lump sum</li> <li>&gt; Biaya plus imbal jasa</li> <li>&gt; Kesesuaian dengan PPA</li> </ul> </li> </ul>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3	Kajian kontrak O&M	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Adakah kontrak O&amp;M?</li> <li>→ Kesesuaian dengan PPA</li> <li>→ LTSA dengan pemasok peralatan</li> </ul>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
4	Perjanjian Pasokan Bahan Bakar (proyek biomassa/ biogas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Adakah perjanjian?</li> <li>→ Jaminan pasokan</li> <li>→ Struktur harga FOB/CIF</li> <li>→ Kajian metodologi pengangkutan</li> </ul>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
5	Kajian perjanjian sewa lahan	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Adakah perjanjian?</li> <li>→ Terletak di kawasan hutan lindung?</li> <li>→ Jaminan pada kapasitas yang tersedia</li> <li>→ Klausul imbalan dan denda yang adil atas pemenuhan kapasitas kontrak</li> </ul>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6	Kajian pengaturan interkoneksi dan jalur distribusi	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Persyaratan interkoneksi</li> <li>→ Perjanjian dan fasilitas yang direncanakan</li> <li>→ Tanggal dan prosedur pengujian dan penyalaaan</li> <li>→ Kajian titik interkoneksi</li> <li>→ Kajian titik transaksi</li> <li>→ Kajian meteran daya</li> </ul>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
7	Program asuransi proyek	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Asuransi konstruksi untuk semua pekerjaan</li> <li>→ Asuransi gangguan usaha</li> <li>→ Kewajiban pihak ketiga</li> </ul>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

# 4.2

## ASPEK TEKNIS

Prinsip dasar di sini adalah bahwa “proyek mungkin memiliki kualitas yang baik dan memiliki studi kelayakan disetujui, akan tetapi keputusan untuk membiayai proyek harus berdasarkan kualitas studi kelayakan dan kontrak, dan penyelesaian semua dokumen hukum, dan audit sponsor proyek”. Meskipun proyek dapat dilanjutkan dalam proses pembiayaan, persetujuan lengkap harus didasarkan pada risiko yang telah didefinisikan, dikurangi dan dialokasikan melalui desain teknis dan proses kontrak.

### 4.2.1 // EVALUASI ASPEK TEKNIS PROYEK

NO	POIN UJI TUNTAS	CATATAN
1	Kaji tata letak dan desain umum proyek (bank juga harus meninjau detail engineering design).	Kaji desain rinci untuk memperoleh perkiraan yang akurat dari biaya proyek. Bank dapat mempekerjakan ahli independen untuk melakukan hal ini
2	Kaji apakah pemutakhiran studi kelayakan (FS) atau desain teknis diwajibkan (bank mungkin mewajibkan agar desain FS/proyek dikaji oleh ahli independen/pihak ketiga).	FS yang sudah lama pasti wajib diperbarui, agar mencerminkan situasi saat ini dari sumber energi terbarukan.
3	Kaji organisasi dan tanggung jawab proyek (selama fase konstruksi dan operasional)	Pemberi pinjaman perlu memastikan agar posisi manajemen utama proyek diisi oleh ahli / manajer yang kompeten.
4	Kaji masalah teknologi (hidrologi, pilihan bahan baku, pilihan teknologi, pilihan pemasok peralatan, pilihan kontraktor, pilihan teknik dan desain)	Pemberi pinjaman mungkin tidak memiliki kapasitas untuk meninjau masalah teknis, dan harus menyewa seorang ahli konsultan independen untuk memperoleh pendapat obyektif
5	Periksa dan kaji ketersediaan bahan baku, keamanan pasokan, dan rencana kontijensi untuk bahan baku (kedekatan dengan sumber bahan baku, fleksibilitas mengubah bahan baku)	Pemberi pinjaman mungkin tidak memiliki kapasitas untuk meninjau masalah teknis, dan harus menyewa seorang ahli konsultan independen untuk memperoleh pendapat obyektif
6	Periksa dan kaji apakah kontraktor/pemasok peralatan telah menyediakan program asuransi/jaminan yang memadai.	Pemberi pinjaman mungkin tidak memiliki kapasitas untuk meninjau masalah teknis, dan harus menyewa seorang ahli konsultan independen untuk memperoleh pendapat obyektif

## 4.2.2 // DAFTAR PERIKSA UJI TUNTAS TEKNIS

NO	POIN UJI TUNTAS	INFORMASI YANG DIPERLUKAN	PERIKSA YA - TIDAK
1	Risiko teridentifikasi dan pengembangan rencana penanggulangan	→ Apakah perusahaan proyek telah melakukannya?	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2	Kajian Studi Kelayakan	→ Apakah studi kelayakan ada? → Apakah FS diperbarui dengan informasi terbaru? → Kajian tata letak proyek → Kajian desain umum → Ulasan dari Detailed Engineering Design (DED) oleh spesialis teknis / konsultan	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3	Kajian organisasi proyek (selama fase konstruksi dan operasional)	→ Posisi manajemen penting terisi → Kompetensi manajemen kunci relevan → Rencana logistik proyek	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
4	Kajian permasalahan teknologi	Untuk studi pembangkit listrik tenaga air, kajian dari: > Hidrologi > Geologi and Topografi > Analisis energi  Untuk studi ketersediaan bahan baku biomassa / biogas dan keamanan pasokan: > Ketersediaan tata letak proyek > Kajian pilihan teknologi > Kajian pilihan pemasok peralatan > Kajian pilihan kontraktor > Kajian pilihan konsultan DED	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>  <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

### 4.2.3 // EVALUASI MASALAH LINGKUNGAN HIDUP DAN SOSIAL

NO	POIN UJI TUNTAS	CATATAN
1	Kaji deskripsi fasilitas proyek (contoh termasuk perkebunan, gardu kilang, jalur transmisi, jalan, kompleks administrasi/pemeliharaan, kompleks perumahan).	Identifikasi potensi risiko yang dapat mempengaruhi desain dan investasi dan/atau biaya operasional proyek.
2	Periksa status kepatuhan dengan persyaratan lingkungan hidup, yaitu, memperoleh izin dan lisensi lingkungan hidup untuk semua fasilitas yang terkait dengan proyek (AMDAL/UKL/UPL)	Ini adalah syarat tangguh untuk keberlakuan PPA dan perjanjian pembiayaan. Ulasan harus memastikan bahwa operasi proyek akan mampu memenuhi standar lingkungan
3	Kaji AMDAL/UKL/UPL dan tentukan apakah ada masalah sosial dan lingkungan hidup yang penting yang harus ditangani untuk pembangunan dan pengoperasian proyek, dan apakah mereka telah tercermin dalam biaya proyek.	Pastikan bahwa UKL/UPL dapat mengatasi dan mengurangi risiko lingkungan hidup dan sosial.
4	Periksa dan kaji apakah prosedur konsultasi publik dan kegiatan telah selesai (atau direncanakan). Kaji kekhawatiran publik yang penting dan bagaimana penanganannya dalam dokumen perencanaan proyek/AMDAL. Apakah ada protes atau publisitas negatif mengenai proyek?	Pemberi pinjaman pasti ingin melindungi reputasi mereka dan menghindari investasi dalam proyek dengan risiko sosial yang tinggi.
5	Apakah masyarakat setempat memahami manfaat dari pengembangan proyek energi terbarukan untuk mereka?	Energi terbarukan bersifat adat, dukungan dari masyarakat setempat akan membantu menjamin keberlanjutan proyek.

#### 4.2.4 // DAFTAR PERIKSA UJI TUNTAS SOSIAL DAN LINGKUNGAN HIDUP

NO	POIN UJI TUNTAS	INFORMASI YANG DIPERLUKAN	PERIKSA YA - TIDAK
1	Kajian AMDAL/UKL - UPL	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Apakah ada AMDAL/UKL - UPL?</li> <li>→ UKL/UPL mengatasi dan mengurangi risiko lingkungan hidup dan sosial.</li> <li>→ Isu sosial – lingkungan hidup yang kritis ditujukan untuk pengembangan proyek dan operasi.</li> <li>→ Isu sosial – lingkungan hidup yang kritis tercermin dalam biaya proyek.</li> </ul>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2	Kajian deskripsi fasilitas proyek	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Apakah ada potensi risiko yang dapat mempengaruhi desain proyek dan investasi dan / atau biaya operasional?</li> </ul>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3	Kajian prosedur konsultasi publik dan kegiatan	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Apakah prosedur dan kegiatan diselesaikan (atau direncanakan)?</li> <li>→ Kajian kekhawatiran publik kunci dan bagaimana mereka ditangani dalam dokumen proyek perencanaan/AMDAL.</li> <li>→ Apakah ada protes atau publisitas negatif mengenai proyek?</li> </ul>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
4	Kajian dukungan dari masyarakat setempat	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Apakah masyarakat setempat memahami manfaat dari pengembangan proyek energi terbarukan untuk mereka?</li> </ul>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

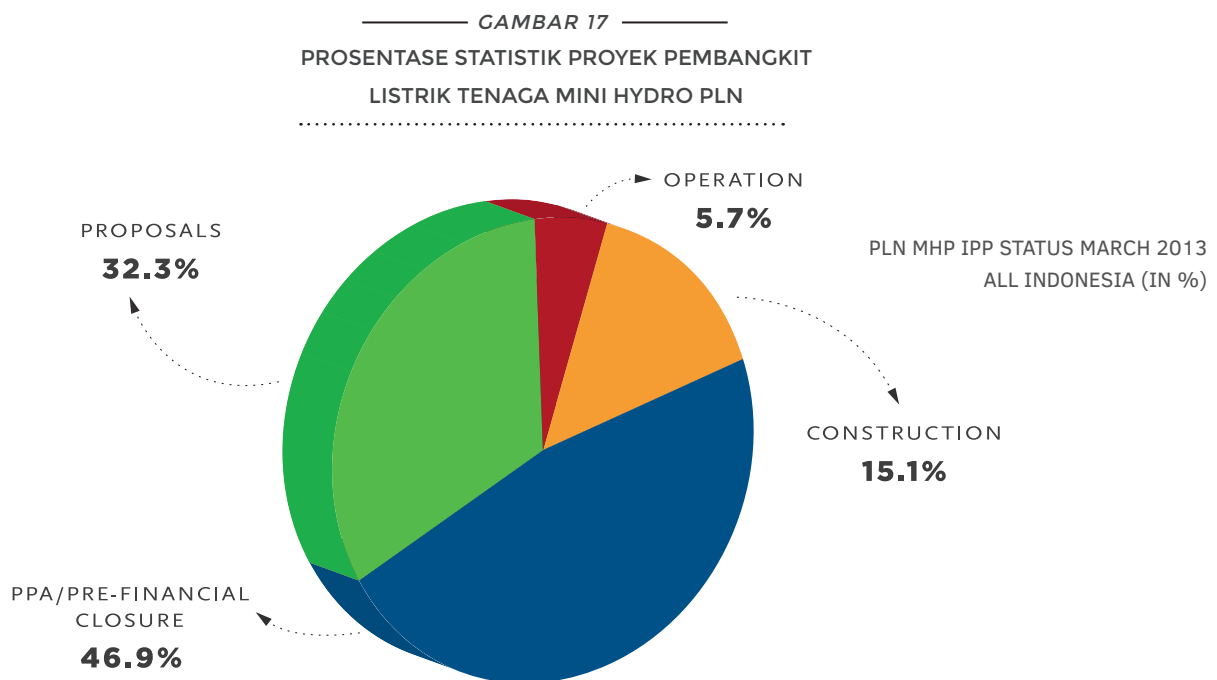
# 4.3

## ASPEK KEUANGAN

Ada banyak langkah yang dapat diambil terkait aspek keuangan pengembangan energi bersih. Termasuk mengurangi dampak lingkungan hidup dan sosial dan solusi rekayasa dan teknologi. Namun, pemberi pinjaman/investor mengharuskan calon proyek energi bersih agar dapat menghasilkan laba biasanya melalui nilai bersih saat ini (NPV) yang positif dan tingkat hasil pengembalian (IRR) melebihi pengembalian investasi yang kurang berisiko.

Pembiayaan proyek energi bersih di Indonesia tidak maju secepat perkiraan banyak pemangku kepentingan. Sebagaimana dapat dilihat pada **Gambar 17**, pada tanggal 31 Maret 2013 sekitar 46% dari proyek pembangkit listrik Tenaga Mini Hydro masih mencari tambahan pemenuhan pembiayaan. Selain masalah lainnya dalam pengembangan energi bersih, banyak bank dan investor juga enggan untuk berinvestasi dalam proyek tersebut. Mereka kurang yakin untuk membuat keputusan pada proyek energi bersih karena kurangnya pemahaman tentang proyek dan persepsi yang salah dari risiko tinggi yang terlibat dalam proyek energi bersih.

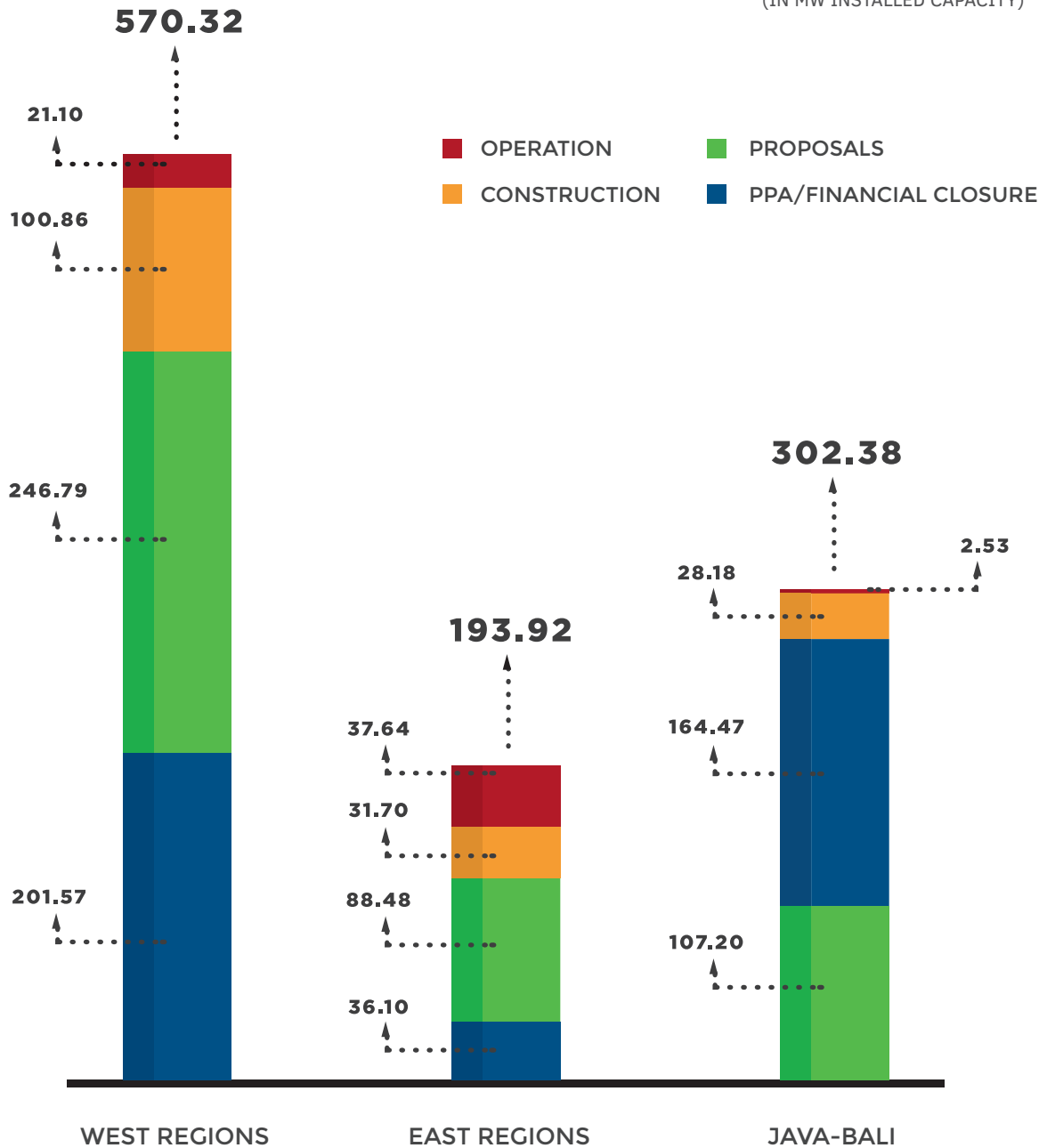
Mengevaluasi aspek keuangan proyek energi bersih ini sebenarnya mirip dengan proyek infrastruktur lainnya. Perlu dipahami elemen pembangun dari proyeksi keuangan itu sendiri, yang terutama dapat dikategorikan oleh aliran pendapatan dan biaya investasi. **Gambar 19** menunjukkan ringkasan permasalahan penting dalam menilai aspek keuangan proyek. Evaluasi keuangan mengandung ringkasan dari aspek teknis dan hukum untuk mengembangkan proyek energi bersih, tetapi meskipun terdapat hal ini, proyek keuangan tidak dapat menjadi satu-satunya dasar keputusan pada proyeksi keuangan. Aspek teknis dan legal dari proyek energi bersih juga harus dijustifikasi.



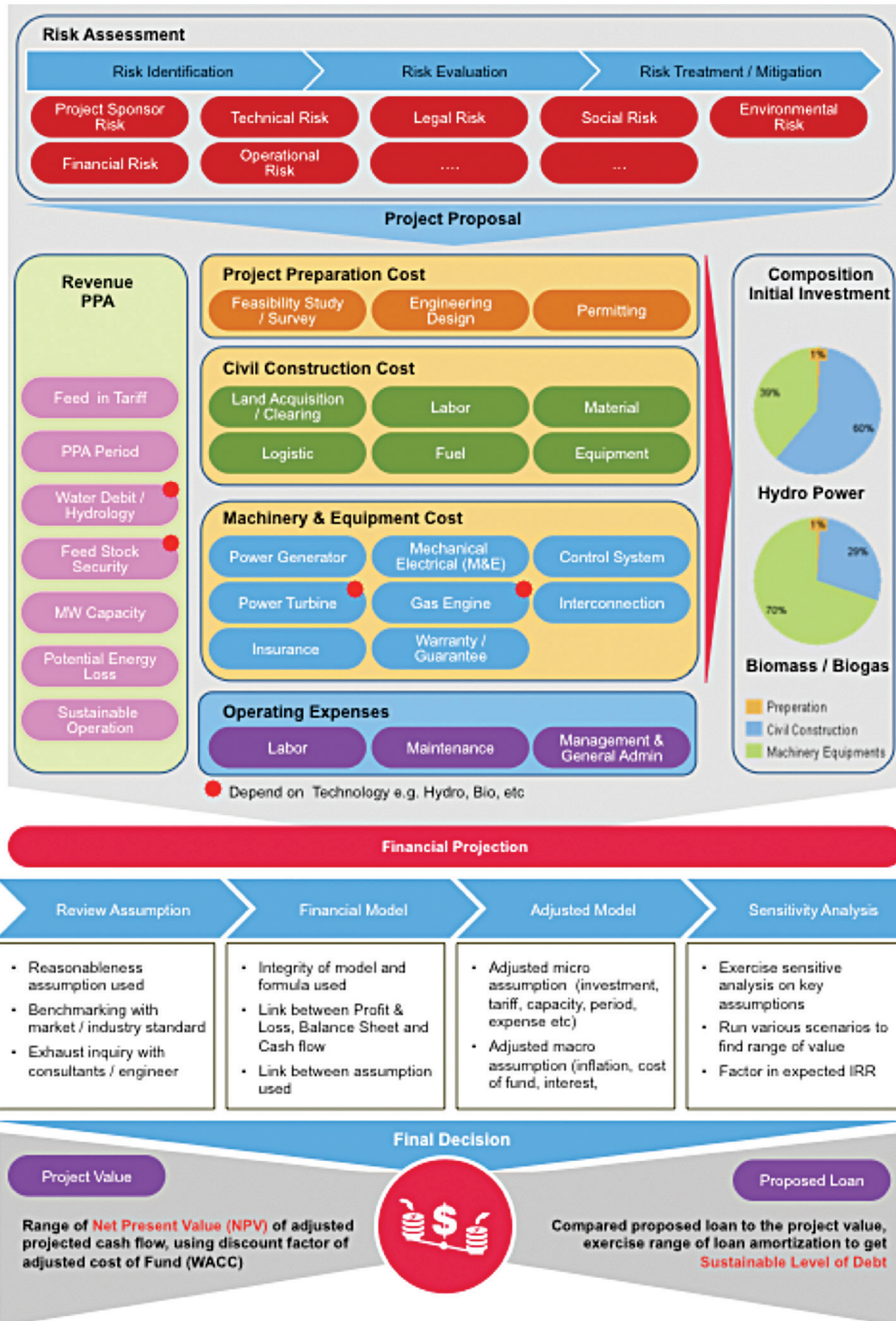


————— GAMBAR 18 —————  
 STATISTIK PROYEK PEMBANGKIT LISTRIK  
 TENAGA MINI HYDRO PLN PER WILAYAH

PLN MHP STATISTICS MARCH 2013  
 (IN MW INSTALLED CAPACITY)



————— **GAMBAR 19** —————  
**RANGKUMAN PROSES UJI TUNTAS KEUANGAN**  
**UNTUK PROYEK ENERGI TERBARUKAN**



---

### 4.3.1 // EVALUASI ALIRAN PENDAPATAN

---

Aliran pendapatan untuk proyek energi terbarukan dapat bersumber dari salah satu jenis penghasilan atau dari kombinasi jenis pendapatan tersebut:

- » Penghematan yang diciptakan dengan mengganti bahan bakar yang lebih mahal untuk tujuan pemilik
- » Menjual tenaga listrik
- » Menjual kredit karbon ke pasar internasional.

Pada bagian ini, pembatasan terbatas pada penjualan tenaga listrik. Dalam hal ini yang penting adalah hal-hal yang dapat mempengaruhi kemampuan penjual untuk menghasilkan tenaga listrik, yaitu, keberlanjutan pasokan sumber daya dan daya beli pembeli. Dengan mengambil proyek pembangkit listrik Tenaga Mini Hydro sebagai contoh, keberlanjutan daerah tangkapan air menjadi penting karena mempengaruhi debit air. Demikian pula, penilai harus menentukan apakah ada potensi bahwa daya beli pembeli berkurang. Dalam hal penjualan listrik ke PLN, hal ini tidak terlalu menjadi perhatian sebagaimana dengan pembeli swasta mengingat PLN merupakan perusahaan milik negara.

Perkiraan aliran pendapatan yang terlalu tinggi biasanya berasal dari rasa terlalu percaya diri atau kurangnya pengetahuan dari pengusul. Dalam hal ini, rekam jejak para pengusul adalah penting, terutama jika pengusul adalah pemain baru.

---

### 4.3.2 // EVALUASI BIAYA (INVESTASI DAN OPERASIONAL)

---

Seperti proyek lainnya, proyek energi terbarukan akan menimbulkan biaya dari awal (tahap desain dan perencanaan), diikuti oleh biaya pada tahap konstruksi dan operasi. Mengacu pada bagian sebelumnya, biaya produksi proyek energi terbarukan dapat diklasifikasikan menjadi **empat kategori utama**:

1. Biaya persiapan proyek
2. Biaya konstruksi sipil
3. Biaya mesin dan peralatan
4. Biaya operasional.

Studi kelayakan yang disampaikan kepada pemodal adalah bagian dari persiapan proyek (begitu pula rekayasa teknis dan perizinan). Meski pengusul dapat melakukan yang terbaik untuk berhati-hati dalam menetapkan biaya dalam desain untuk kategori b, c, dan d dengan tidak mengurangi angka, masih ada kemungkinan pembengkakan biaya akan terjadi. Akan halnya dengan aliran pendapatan, terlalu percaya diri atau kurangnya pengetahuan umumnya menjadi akar dari masalah. Tapi ini tidak berarti bahwa pengusul yang rasional dan berpengetahuan tidak akan pernah mengalami pembengkakan biaya. Peristiwa keadaan kahar yang berada di luar kekuasaan siapa pun untuk diantisipasi (seperti banjir atau gempa bumi) dapat terjadi. Dengan demikian, rencana kontijensi harus disiapkan sejauh agar setiap usaha normal yang bersangkutan secara rasional dan bijaksana dapat mengantisipasinya.

Beberapa prasyarat yang mungkin diterapkan untuk pembengkakan biaya meliputi:

- » Adanya kesalahan asumsi teknis pada kondisi yang berfungsi sebagai dasar untuk desain proyek. Misalnya, meremehkan tantangan geografis dan geologis lokasi pembangkit listrik Tenaga Mini Hydro akan menyebabkan kurang tepatnya biaya mobilisasi dan penggalian, atau, dalam hal pembangkit listrik POME, dan penilaian yang salah dari karakteristik limbah akan menghasilkan instalasi mesin dan peralatan yang tidak sesuai.
- » Asumsi keuangan yang salah menghasilkan proyeksi keuangan yang salah. Sebagai contoh, mungkin terdapat kesalahan perkiraan inflasi atau/dan nilai tukar mata uang sehingga pada saat mesin dan peralatan akan dibeli, harga telah meningkat, melebihi ekspektasi.
- » Kurangnya pengetahuan yang memadai tentang struktur biaya sehingga banyak komponen biaya tidak termasuk, menciptakan salah perkiraan biaya.

Singkatnya, uji tuntas keuangan harus menyelidiki secara menyeluruh, tidak hanya sekedar angka dan masuk ke dalam semua aspek yang mempengaruhi arus kas proyek. Menerima angka dan asumsi proyeksi keuangan hanya berdasarkan pada nilai nominal atau melakukan uji tuntas tanpa hati-hati akan menyebabkan masalah di kemudian hari.

### 4.3.3 // Uji Tuntas Keuangan

NO	POIN Uji Tuntas	CATATAN
1	Kaji butir biaya rinci proyek (termasuk rincian kontrak EPC dan biaya kontijensi).	Konsultan independen harus meninjau apakah biaya proyek rinci telah diperkirakan secara akurat, memastikan bahwa lingkup kerja kontraktor dan pemasok lengkap tanpa kekurangan atau kontinjensi yang tidak sesuai. Perlu ada jaminan penyelesaian dari semua kontraktor.
2	Kaji potensi pembengkakan biaya (baik skenario optimis maupun pesimis yang disediakan bersama dengan skenario dasar dan apakah ada analisis sensitivitas? Apa rencana mitigasinya?	Selain anggaran kontijensi dalam biaya total proyek, bank dapat meminta sponsor untuk memberikan kontijensi modal yang siap dicairkan/ diberikan atas permintaan bank.
3	Kaji rencana pembiayaan: syarat untuk membeli saham oleh pemegang saham lainnya, syarat usulan pembiayaan jembatan (jika ada) dan usulan syarat pembiayaan utang senior.	Bank, sebagai penyedia utang senior, perlu memastikan bahwa Bank memiliki keamanan pemberi pinjaman yang terkuat dalam syarat pembiayaan.
4	Kaji incian asumsi yang diterapkan: asumsi ekonomi makro dan referensi untuk asumsi yang digunakan.	Asumsi harus realistis, tidak terlalu jauh dari kondisi saat ini. Asumsi referensi harus berasal dari sumber terpercaya, misalnya, APBN, Bank Indonesia, BPS.
5	Asumsi keuangan: suku bunga, biaya keuangan, IDC, ROR yang diminta.	Baik suku bunga dan biaya keuangan harus dikonfirmasi dengan sumber pendanaan. Praktik proyek umum adalah memasukkan IDC ke dalam biaya investasi. Juga, ROR harus realistis.

NO	POIN UJI TUNTAS	CATATAN
6	<p>Kaji Model keuangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Asumsi Investasi dan operasional</li> <li>&gt; Energi yang dijual dan pendapatan; pendapatan lain, jika ada (misalnya, kredit karbon, uap, kompos)</li> <li>&gt; Biaya operasional, biaya administrasi (gaji), biaya O&amp;M, pembayaran sewa, dll.</li> <li>&gt; Pajak</li> <li>&gt; Penyusutan dan amortisasi aset</li> <li>&gt; Bunga selama konstruksi</li> <li>&gt; Asuransi</li> <li>&gt; Biaya yang harus dibayar kepada pemerintah, jika ada</li> <li>&gt; Asumsi yang terkait dengan aktiva lancar dan kewajiban lancar</li> <li>&gt; Pembayaran dividen</li> <li>&gt; Pengeluaran modal</li> <li>&gt; Jadwal Pencairan.</li> </ul>	<p>Periksa apakah asumsi model keuangan, biaya dan pendapatan wajar dan realistis (misalnya, harga CER/kredit karbon). Perbandingan dapat dibuat dengan investasi proyek lain, praktik terbaik, atau sesuai dengan standar akuntansi. Bank harus meminta masukan dari ahli tentang keluaran proyek dan arus kas proyek.</p>
7	<p>Kaji biaya modal, peralatan utama, pekerjaan sipil, kerja mekanik dan instalasi, dan jalur transmisi.</p>	<p>Pemasok teknologi yang berbeda dapat menyebabkan perbedaan dalam biaya modal (misalnya, teknologi Cina biasanya memiliki biaya investasi yang lebih rendah daripada teknologi Eropa). Oleh karena itu, membandingkan usulan teknologi dan biaya adalah penting.</p>
8	<p>Kaji profitabilitas proyek dan kapasitas pembayaran utang (rasio, sensitivitas dan analisis skenario, rasio laba sebelum bunga dan pajak).</p>	<p>Tentukan apakah proyek tersebut memiliki arus kas yang cukup untuk membayar biaya operasional, utang (bunga dan pokok), pajak, dan dividen.</p>
9	<p>Kaji tarif PPA yang berlaku (lihat apakah ada kenaikan harga dari waktu ke waktu, pembengkakan harga bahan baku, dll).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Bank pasti ingin memastikan bahwa tarif PPA akan mampu menutupi biaya proyek dan memberikan tingkat pengembalian hasil kepada sponsor proyek selama jangka waktu PPA.</li> <li>→ Tarif PPA harus dapat menutupi biaya operasional dan pemeliharaan, yang dipengaruhi oleh inflasi.</li> <li>→ Untuk proyek biomassa, risiko pasokan bahan baku, termasuk harga, juga harus tercermin dalam tarif PPA (Namun, rezim harga saat ini tidak memberikan dasar untuk indeksasi tarif).</li> </ul>

#### 4.3.4 // DAFTAR PERIKSA KEUANGAN

NO	POIN UJI TUNTAS	INFO PENTING	TANDAIA - TIDAK
1	Kajian atas rincian dari total biaya proyek	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Biaya rinci telah diperkirakan secara akurat</li> <li>→ Lingkup kerja (para) kontraktor dan pemasok memiliki cakupan penuh tanpa celah atau kontijensi yang tidak memadai</li> <li>→ Jaminan penyelesaian untuk semua pihak</li> </ul>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2	Kajian kemungkinan pembengkakan biaya	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Alokasi anggaran kontinjensi dalam biaya total proyek</li> <li>→ (Para) sponsor proyek harus melakukan kontribusi modal kontinjensi yang siap dicairkan bila diminta oleh bank</li> <li>→ Periksa skenario optimis dan pesimis di samping skenario dasar</li> <li>→ Analisis sensitivitas dan rencana penanggulangan.</li> </ul>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3	Rencana pembiayaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Periksa rencana pembiayaan: syarat untuk membeli saham oleh pemegang saham lainnya, syarat usulan pembiayaan jembatan (jika ada) dan usulan syarat pembiayaan utang senior.</li> </ul>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
4	Kaji asumsi rinci yang digunakan	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Asumsi ekonomi makro dan referensi untuk asumsi yang dibuat.</li> </ul>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
5	Asumsi keuangan	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Suku bunga dan biaya pembiayaan harus sesuai dengan usulan sumber dana</li> <li>→ Masukkan IDC dalam biaya investasi.</li> <li>→ Hasil pengembalian yang diharapkan harus realistis dibandingkan dengan kondisi ekonomi dan pasar saat ini.</li> </ul>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6	Kaji model keuangan	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Apakah ada model keuangan?</li> <li>→ Asumsi model keuangan, biaya dan pendapatan wajar dan realistis</li> </ul>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
7	Kaji biaya modal	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Apakah ada perbandingan biaya modal yang berbeda untuk teknologi yang berbeda?</li> </ul>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
8	Kaji profitabilitas proyek dan kapasitas pembayaran utang	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Proyek memiliki arus kas yang cukup untuk membayar biaya operasional, utang (bunga dan pokok), pajak, dan dividen</li> </ul>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
9	Kaji tarif PPA yang berlaku	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Pernahkah ada kenaikan harga dari waktu ke waktu, pembengkakan harga bahan baku, dll?</li> <li>→ Apakah tarif PPA dapat menutupi biaya proyek dan tingkat hasil pengembalian untuk sponsor proyek selama jangka waktu PPA?</li> <li>→ Tarif PPA harus dapat menutupi biaya operasi dan pemeliharaan yang dipengaruhi oleh inflasi</li> <li>→ Untuk proyek biomassa, risiko pasokan bahan baku, termasuk harga, juga harus tercermin dalam tarif PPA</li> </ul>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

---

# 4.4

## MANAJEMEN RISIKO PROYEK ENERGI BERSIH

---

Risiko adalah suatu peristiwa yang tidak pasti, yang dapat memiliki dampak positif atau negatif terhadap sasaran proyek. Untuk uji tuntas proyek, pemberi pinjaman secara spesifik merasa khawatir dengan risiko yang dapat mempengaruhi kemampuan peminjam untuk membayar kembali pinjaman.

Sebelum mencapai keputusan investasi, pemberi pinjaman memerlukan pemahaman yang menyeluruh tentang metode yang tepat untuk menangani risiko tersebut. Pemberi pinjaman mengembangkan alokasi matriks risiko selama setiap uji tuntas proyek untuk memastikan bahwa sebelum pelaksanaan proyek, sponsor proyek telah:

- » : Mengetahui semua elemen risiko.
- » : Menyampaikan bagaimana risiko tersebut akan dikelola selama pelaksanaan proyek.

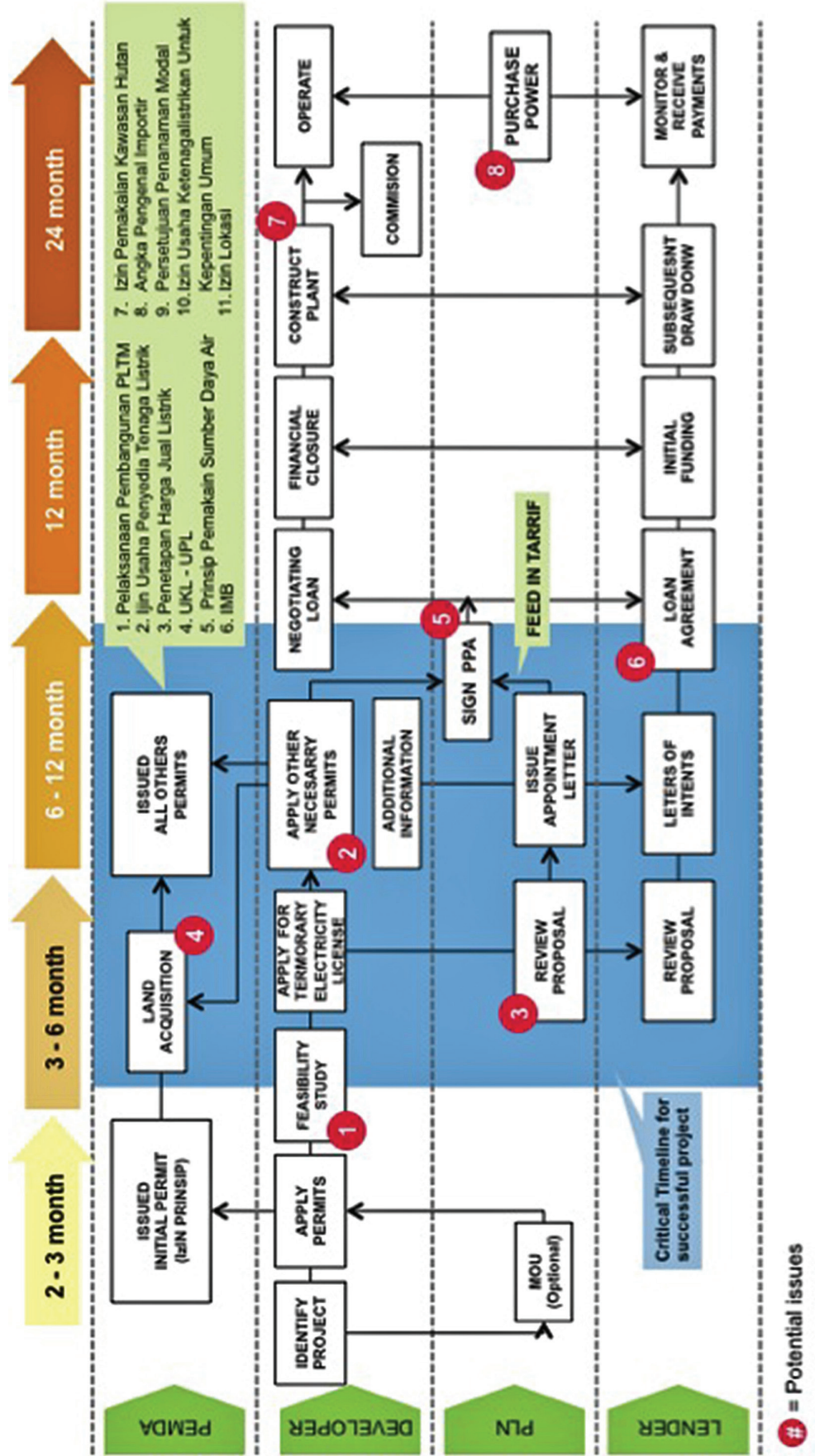
Keseluruhan proses pembangunan hingga pelaksanaan proyek adalah latihan dalam identifikasi, penanggulangan dan alokasi risiko. Para pengembang yang sukses dan proyek adalah mereka yang mengalokasikan risiko dengan baik kepada pihak yang paling sesuai untuk mengambil risiko tersebut. Pemberi pinjaman mengambil risiko minimal dan terbatas. Pemilik dapat mengurangi risiko dengan pengumpulan data yang tepat di lokasi, evaluasi yang tepat, dan desain yang tepat sementara memperhitungkan risiko lainnya.

**Gambar 20** menunjukkan pengamatan ICED tentang masalah potensial dalam mengembangkan proyek pembangkit listrik Tenaga Mini Hydro. Tenaga air digunakan sebagai contoh, pasar pembangkitan listrik energi terbarukan skala kecil saat ini dipenuhi oleh proyek pembangkit listrik tenaga air. Namun, masalah potensial yang teridentifikasi serupa untuk jenis teknologi lainnya

- » **Studi kelayakan berkualitas buruk**  
Sebagian besar studi kelayakan (FS) yang dikaji oleh ICED tidak memiliki analisis hidrologi, topografi dan geoteknik yang memadai. FS yang tidak lengkap menciptakan risiko dalam hal konstruksi, komisioning, dan operasi. Hal ini dapat berarti pembengkakan biaya, desain ulang karena kegagalan proyek, dan produksi listrik yang lebih rendah dari perkiraan. Karena proyek pembangkit listrik tenaga air melibatkan pekerjaan konstruksi dan teknik sipil yang signifikan, studi kelayakan (dan penilaian lingkungan) yang buruk dapat menyebabkan dampak negatif pada lingkungan dan menciptakan risiko jangka panjang untuk kelangsungan hidup proyek (misalnya, tanah longsor).
- » **Persyaratan perizinan dan lisensi yang besar dan tidak terkoordinasi dengan baik**  
Izin diperlukan di tingkat nasional, provinsi dan kabupaten. Jika urutan perizinan tidak jelas, keterlambatan dalam setiap izin dapat mengakibatkan keterlambatan proyek secara keseluruhan. Beberapa proyek memulai konstruksi sebelum menerima semua izin. Pihak yang berwenang mengeluarkan izin adalah pemerintah kabupaten melalui kantor dinas. Pemerintah daerah tidak selalu memiliki kemampuan untuk menilai proyek yang diajukan, dan, dalam beberapa kejadian, mengeluarkan beberapa izin untuk proyek yang sama.

GAMBAR 20

CONTOH PEMETAAN RISIKO POTENSIAL DALAM PENGEMBANGAN  
PROYEK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MINI HYDRO





- » **PLN wajib membeli listrik dari setiap usulan proyek**  
 PLN tidak ingin menanggung kewajiban yang terkait dengan IPP kecil. Oleh karena itu, kajian mereka terbatas untuk menyatakan apakah proyek yang diusulkan mengganggu rencana pembangunan pembangkit listrik tenaga air PLN sendiri.
- » **Persyaratan perizinan dan lisensi yang besar dan tidak terkoordinasi dengan baik yang menyebabkan masalah dalam pembebasan lahan dan pengadaan fasilitas**  
 Lahan diperlukan untuk akses jalan, koridor jalur transmisi, etc. Keterlambatan dalam mengakuisisi lahan berarti keterlambatan proyek. Biaya pra-konstruksi/prapembiayaan yang untuk studi proyek (10-15 % dari total biaya proyek) menyerap modal pemilik secara signifikan. Biaya proyek berkisar dari \$ 1,5 sampai \$ 3 juta per megawatt terpasang. Persyaratan modal untuk proyek pembangkit listrik tenaga air 10 MW dapat mencapai \$ 9 juta. PLN mengharuskan pengembang menunjukkan modal yang cukup sebelum negosiasi PPA, dan PPA diperlukan untuk menggali modal dari sumber luar.
- » **Praktik peminjaman terkini berdasarkan neraca sponsor**  
 Pengembang menggunakan pembiayaan konvensional dari pinjaman bank dan uang mereka sendiri untuk membiayai proyek (seringkali dari usaha terkait jika proyek pembangkit listrik tenaga air adalah kegiatan usaha baru). Bank menilai dan memperlakukan proyek pembangkit listrik tenaga air mirip dengan investasi komersial umum lainnya. Pembiayaan berbasis proyek tanpa bantuan tidak ada di Indonesia. Ini adalah sarana utama pembiayaan proyek energi terbarukan skala kecil di negara lain. Kurangnya pembiayaan proyek menghambat investasi dan pembangunan.
- » **Perkiraan biaya proyek terlalu optimis dan dapat mengakibatkan kebutuhan pembiayaan tambahan selama pengembangan proyek**  
 FS dan desain rekayasa rinci yang tidak memadai dapat menghasilkan asumsi pembengkakan biaya yang tidak realistis. Pembengkakan biaya konstruksi dapat mencapai 50%. Faktor kapasitas yang tinggi dapat melebihi-lebihkan pendapatan proyek. Kontrak konstruksi yang tidak dirancang dengan baik tidak memuat biaya konstruksi. Pengembang meminimalkan biaya peralatan dan teknik sipil/konstruksi untuk menghasilkan IRR yang lebih tinggi. Namun, hal ini dapat mengakibatkan masalah operasional (kegagalan peralatan) dan kinerja yang lebih rendah dari yang diharapkan, kerusakan akibat banjir, dll.
- » **Syarat perjanjian jual beli listrik tidak memuat ketentuan “ambil atau bayar” dan memungkinkan ketentuan yang tidak didefinisikan untuk pembubaran**  
 Perkiraan pendapatan proyek mengasumsikan PLN akan membeli seluruh listrik yang dihasilkan oleh proyek pembangkit listrik tenaga air kecil, namun PLN tidak berkewajiban untuk membeli semua keluaran. Kebutuhan listrik PLN bervariasi tergantung pada lokasi proyek dan kebutuhan sistem untuk listrik. Proyek pembangkit listrik tenaga air kecil dapat dibubarkan ketika listrik tidak diperlukan.

---

# 4.5

## PEMILIHAN KONSULTAN

---

Penilaian akan menghasilkan rekomendasi yang tepat jika pengkaji (konsultan) memiliki kualifikasi. Maka, memilih konsultan yang tepat menjadi penting untuk setiap penilaian yang baik. Elemen berikut ini merupakan hal yang penting dalam proses pemilihan konsultan:

- » Mengidentifikasi persyaratan untuk konsultan energi
- » Menyusun kerangka acuan, kriteria pemilihan dan permohonan proposal
- » Menyebarkan permohonan proposal
- » Mengevaluasi proposal teknis
- » Mengevaluasi proposal keuangan.

**Kegiatan penting umumnya** dari konsultan teknis independen (termasuk pekerjaan lingkungan hidup) adalah:

- » Mengkaji spesifikasi proyek dan desain teknis rinci (termasuk perkiraan biaya) Review engineering, procurement, and construction (EPC) contract and schedule
- » Mengkaji kontrak dan jadwal teknis, pengadaan dan konstruksi (EPC)
- » Mengawasi dan memonitor pekerjaan konstruksi, termasuk kunjungan lapangan (jika diperlukan)
- » Mengkaji permulaan, komisioning dan uji kinerja proyek
- » Melakukan kajian operasional/kinerja proyek
- » Melakukan investigasi khusus dalam hal kegagalan proyek/wanprestasi
- » Mengidentifikasi potensi risiko lingkungan hidup dan sosial dalam pelaksanaan proyek
- » Mengkaji dokumen AMDAL/UKL-UPL dan merekomendasikan tindakan penanggulangan yang dapat diambil oleh bank dalam perjanjian keuangan. Proyek dengan risiko lingkungan hidup dan sosial yang tinggi dapat mempengaruhi reputasi bank.
- » Mempelajari permasalahan khusus/spesifik, misalnya masalah terkait dengan keberlanjutan sumber energi utama (untuk itu, diperlukan spesialis teknis seperti ahli hidrologi dan geologi).

---

## 4.5.1 // MENYUSUN KERANGKA ACUAN (TOR)

---

Bank umumnya bekerja dengan proposal lump sum untuk penugasan konsultasi variabel karena cakupan tugas konsultasi dan ketidakpastian merupakan sifat dari uji tuntas proyek. Oleh karena itu TOR harus disusun dengan cara yang cukup terbuka dengan menggunakan frase seperti “termasuk namun tidak terbatas pada”, sehingga bank tidak perlu mengubah hasil kerja dan anggaran konsultan dan mengalami pembengkakan biaya. Beberapa rekomendasi praktik terbaik dalam menyusun TOR termasuk:

- » **Memberikan sebanyak mungkin informasi kepada konsultan lewat informasi proyek awal. Hal ini setidaknya dapat mencakup:**
  - Informasi latar belakang sifat proyek energi terbarukan (misalnya sponsor proyek, lokasi, kapasitas, teknologi)
  - Rencana kerja indikatif (misalnya uraian tugas yang harus dilakukan, tonggak yang diharapkan dan jadwal kerja indikatif)
  - Hasil kerja yang diwajibkan (misalnya laporan dan rekomendasi)
- » **Gunakan kata “termasuk namun tidak terbatas pada”**

Merupakan hal yang penting untuk menyusun TOR yang setepat mungkin dan menunjukkan prosedur yang diterapkan selama penugasan untuk meminimalkan jumlah waktu yang dihabiskan (misalnya menunjukkan perkiraan jumlah kunjungan lokasi yang wajib dilakukan oleh konsultan; jumlah dokumen yang ada yang harus dikaji).
- » **Indikasikan jumlah anggaran yang tersedia dalam TOR**

Praktik terbaik ini berdasarkan pendapat bahwa pengungkapan jumlah akan meningkatkan kompetisi dan mengurangi biaya. Pengungkapan jumlah anggaran juga akan membantu konsultan dalam membuat proposal yang baik dan memobilisasi campuran kompetensi dan senioritas yang baik. Merupakan kepentingan bank untuk memiliki tim konsultan terbaik. Keputusan investasi bank dan kualitas portofolio kredit dapat bergantung pada kualitas pekerjaan konsultan.
- » **Tetapkan rekomendasi yang tepat yang diinginkan dari konsultan (persyaratan hasil kerja)**

Hindari laporan yang berlebihan dan hanya fokus pada informasi/rekomendasi terpenting yang diperlukan untuk membuat keputusan investasi pada proyek.

---

## 4.5.2 // MENYUSUN PERMOHONAN PROPOSAL (RFP)

---

Bank harus mengeluarkan RFP yang menjelaskan latar belakang proyek, penugasan konsultasi (TOR), anggaran, dan kriteria teknis dan keuangan yang digunakan untuk mengevaluasi dan memilih proposal pemenang. RFP dapat meminta konsultan untuk mengajukan dalam proposal mereka:

- » **Pengalaman perusahaan konsultan**
  - Pengalaman perusahaan atau konsultan dalam melakukan penugasan terkait energi terbarukan yang serupa dengan hasil kerja yang sama .
  - Indikasi staf yang ditugaskan untuk setiap tugas dan peran, tingkat senioritas mereka dan jumlah waktu yang didedikasikan untuk setiap penugasan.

- Memungkinkan perusahaan untuk mendatangkan tenaga ahli dari luar jika tidak memiliki kompetensi yang diperlukan dalam bidang energi terbarukan tertentu. Namun, indikasikan bahwa konsultan akan memiliki tanggung jawab utama untuk kualitas semua pekerjaan, termasuk tugas-tugas yang dialihdayakan jika berlaku.
- » **Metodologi**  
Sangat berguna untuk menganalisa usulan teknis konsultan atas dasar:
  - metodologi (yang menunjukkan pemahamannya tentang penugasan energi terbarukan dan cara-cara untuk mengatasi pelaksanaannya)
  - usulan rencana kerja, termasuk tingkat upaya untuk setiap staf individu dan tugas jadwal.
- » **Pengalaman dari tim konsultasi**  
Perusahaan harus menyediakan CV tim konsultan mereka untuk menjelaskan orang yang ditugaskan untuk penugasan dan status individu (karyawan atau konsultan).

---

### 4.5.3 // KRITERIA PEMILIHAN

---

Bank ingin meminimalkan biaya tanpa mengorbankan kualitas, dan ini dapat dicapai melalui tender yang kompetitif dari konsultan terpilih dari proses pra-kualifikasi. Beberapa pertimbangan dalam memilih penawaran kompetitif meliputi:

Gunakan metode seleksi berbasis kualitas dan biaya, yang meliputi evaluasi proposal terhadap kriteria teknis dan keuangan yang ditetapkan. Bobot antara kriteria teknis dan keuangan harus tergantung pada nilai yang diberikan pada kompetensi teknis vis-à-vis biaya layanan. Variasi akan tergantung pada kekhususan dan kompleksitas penugasan. Untuk sebuah proyek energi terbarukan kompleks yang membutuhkan uji tuntas yang rumit, bank mungkin akan mengenakan bobot antara 70% sampai 80% untuk proposal teknis dan antara 20% sampai 30% untuk proposal keuangan. Dalam setiap proposal, skor teknis minimal akan diperlukan, misalnya, mencapai sedikitnya 50 poin dari 70 poin yang berkenaan dengan kriteria seleksi.

Dalam hal di mana anggaran untuk konsultan terbatas, pemilihan konsultan mungkin didasarkan pada evaluasi proposal teknis secara eksklusif. Dalam hal ini, bank harus mengungkapkan kepada semua konsultan terpilih jumlah anggaran yang akan dibayar dan menyusun kriteria teknis yang sesuai.

---

### 4.5.4 // MENGEVALUASI PROPOSAL TEKNIS

---

Tabel di bawah ini menyajikan contoh dari kartu nilai standar untuk evaluasi proposal teknis. Variasi dapat dilakukan untuk mencerminkan kebutuhan atau ketentuan spesifik bank.

Metodologi yang digunakan untuk menilai penawar penting. Ada **dua pendekatan potensial** dan evaluator bank harus menyetujui salah satunya sebelum memulai evaluasi, jika tidak, tidak mungkin untuk mencapai keputusan yang konsisten:

- » **Penilaian relatif**  
Konsultan diberi nilai tergantung pada peringkat relatif mereka, misalnya jika tiga perusahaan menawarkan untuk proyek, untuk kriteria tertentu, perusahaan terbaik akan menerima 10/10. Yang lain akan dinilai dalam kaitannya dengan penilaian 10/10.
- » **Penilaian mutlak**  
Perusahaan diberi nilai berdasarkan penilaian terhadap kualitas mutlak proposal, misalnya, perusahaan terbaik hanya mendapat nilai 6/10 dalam kategori tertentu dan perusahaan lain mendapat nilai kurang dari itu.

————— **TABEL 3** —————  
**CONTOH TABEL PENILAIAN**

NO	KRITERIA	SKOR
1	<b>Pengalaman perusahaan</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Pengalaman umum di bidang energi terbarukan</li> <li>&gt; Pengalaman di sektor energi terbarukan yang diperlukan</li> <li>&gt; Pengalaman pada penugasan energi terbarukan yang serupa dengan hasil kerja yang serupa</li> </ul>	<b>20</b> 7 5 8
2	<b>Metodologi</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Metodologi, rencana kerja, dan tingkat upaya</li> </ul>	<b>10</b> 10
3	<b>Pengalaman tim energi terbarukan</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Pemimpin tim</li> <li>&gt; Wakil pemimpin tim/manajer penugasan/spesialis</li> <li>&gt; Anggota tim lain</li> </ul>	<b>40</b> 20 10 10
	<b>Total nilai</b>	<b>70</b>

Salah satu potensi masalah dengan sistem penilaian relatif adalah bahwa nilai teknis minimal kehilangan relevansinya atau perlu didefinisikan dengan mempertimbangkan metodologi evaluasi yang akan digunakan.

Penting untuk memiliki orang-orang di komite evaluasi yang mampu menilai bidang teknis, keuangan, hukum dan ekonomi yang sedang dipertimbangkan. Karena mengevaluasi proposal memerlukan waktu yang lama, penting untuk memastikan bahwa ada alokasi waktu yang tepat untuk penugasan ini.

#### 4.5.5 // EVALUASI PROPOSAL KEUANGAN

Proposal Keuangan harus mencakup jumlah rupiah untuk setiap imbal jasa (termasuk imbal jasa profesional dan administrasi) dan ongkos (perjalanan, pengeluaran kecil, terjemahan, dll). Dalam beberapa hal bank mungkin akan meminta agar imbal jasa dan ongkos dipisahkan. Dalam setiap proposal, konsultan harus menunjukkan:

- » Tugas pokok dan rencana kerja, dan
- » Waktu, imbal jasa dan estimasi ongkos (jumlah perjalanan, durasi, dan biaya per perjalanan).

Bank dapat meminta proposal keuangan dinyatakan dalam rupiah dan mata uang asing (misalnya dolar AS) dalam hal digunakan ahli internasional atau biaya yang dikeluarkan adalah dalam mata uang asing.

Bank mungkin ingin menetapkan batas atas untuk proposal keuangan konsultan sesuai dengan jumlah yang tersedia. Jika bank telah menetapkan dengan benar tingkat upaya yang diperlukan untuk melakukan penugasan konsultasi, bank tidak akan mengalami risiko mendapatkan proposal keuangan yang sangat jauh berbeda.

Konsultan harus menunjukkan tingkat biaya harian individu, dalam hal bank perlu untuk menggunakan individu tersebut di luar usulan kerangka acuan atau setelah masa kontrak.

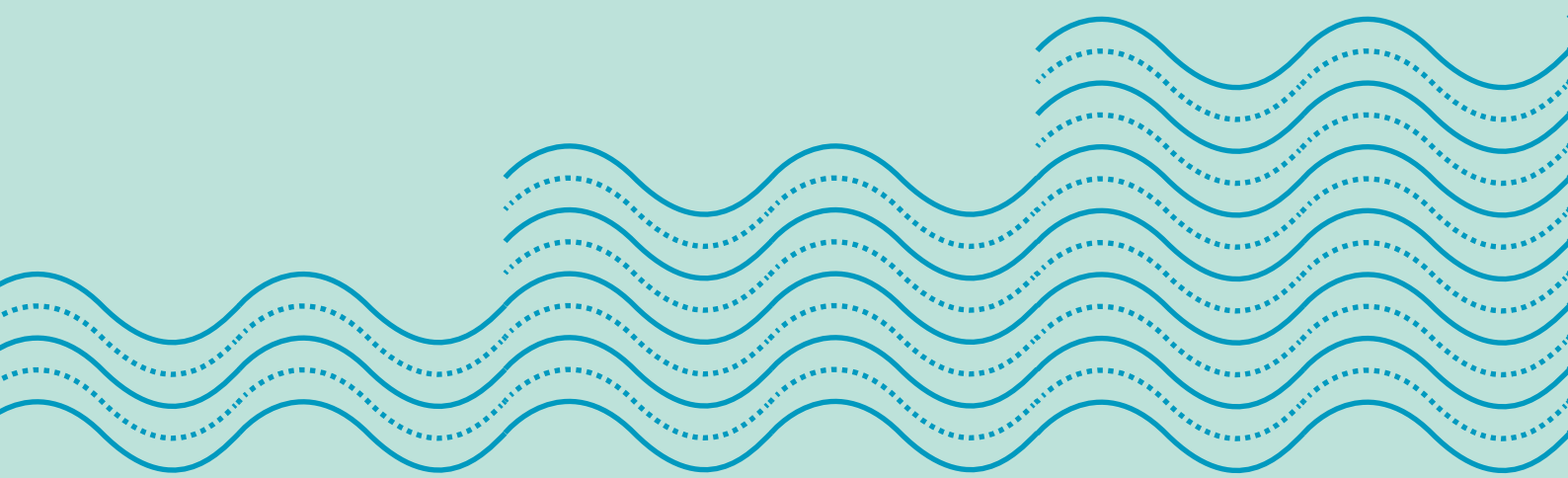
Bank dapat mensyaratkan agar setiap kewajiban pajak yang mungkin ditimbulkan konsultan dalam memberikan layanan yang dibutuhkan diikutsertakan dalam usulan keuangan mereka.

---

#### 4.5.6 // PERMASALAHAN REKRUTMEN LAINNYA

---

- » **Keadilan**  
Semua perusahaan konsultan yang berpartisipasi dalam proses seleksi harus diperlakukan sama, menerima informasi yang sama, dan dievaluasi berdasarkan kriteria yang sama. Semua perubahan dan klarifikasi ke RFP harus dibuat dalam bentuk edaran untuk semua konsultan terpilih secara bersamaan.
- » **Transparansi**  
Bank harus membuka akses terhadap sebanyak mungkin informasi. Proses yang transparan menghilangkan keraguan tentang kualitas tim pemenang akhir dan keadilan dari proses. Hal ini penting karena kadang konsultan menghabiskan banyak waktu dan biaya menyiapkan proposal dan kalah hanya karena perbedaan harga US \$ 1.000. Jika penawar tidak percaya terhadap proses, mereka dapat mengadakan kurangnya transparansi. Ungkapkan segala sesuatu yang dapat menciptakan persepsi non-transparansi atau ketidaknyamanan.
- » **Konflik Kepentingan**  
Bank harus mewajibkan konsultan untuk mengungkapkan konflik kepentingan dan mengetahui bahwa rekrutmen sebagai konsultan akan mencegah perusahaan berpartisipasi dalam penugasan konsultasi yang diminta oleh sponsor proyek/perusahaan proyek/kontraktor.



**BUKU PEDOMAN ENERGI BERSIH**






# 5

## LISTRIK TENAGA MINI HIDRO

Pembangkit listrik tenaga air adalah salah satu metode tertua untuk memanfaatkan kekuatan alam untuk keperluan manusia. Kekuatan air yang mengalir telah digunakan secara mekanis di pabrik selama berabad-abad dan daya listrik telah dihasilkan melalui pembangkit listrik tenaga air sejak abad ke-19. Meskipun teknologi untuk mengubah energi potensial dan kinetik menjadi listrik telah maju, secara fundamental masih sama seperti dulu. Teknologi ini sudah matang dan telah diterapkan di seluruh dunia.





Dengan wilayahnya yang berupa pegunungan dan curah hujan yang dapat diandalkan, Indonesia memiliki potensi tenaga air yang berlimpah. Dalam beberapa tahun terakhir, perubahan kebijakan dan usaha telah melepaskan sektor pembangunan PLTA skala kecil swasta yang telah mengusulkan banyak proyek dan menerapkan beberapa proyek. Mengembangkan proyek pembangkit listrik tenaga air kecil dapat menjadi kompleks, memakan waktu dengan proses yang sulit untuk memperoleh hak dan izin, dan memastikan kekuatan perjanjian pembelian dengan PLN melalui proses PPP. Kompleksitas ini dibahas dalam bagian lain dari buku pedoman ini.

Ada berbagai bentuk pembangkit listrik tenaga air, mulai dari generator mikro desa kecil dengan kapasitas beberapa kilowatt (kW) sampai dengan lebih dari 10 sampai 20.000.000 kW. Bagian ini membahas apa yang dianggap sebagai proyek pembangkit listrik tenaga air kecil /pembangkit listrik tenaga mini-hidro (PLTMH) di Indonesia. Proyek ini dayanya kurang dari 10.000 kW tetapi cukup besar untuk tersambung ke jaringan listrik. Banyak dari prinsip yang dibahas dalam bagian ini juga berlaku untuk proyek yang lebih besar dengan daya hingga 20 atau bahkan 50 MW.

Pengembangan proyek PLTMH di Indonesia dapat menjadi proposisi usaha yang menarik dan sehat, dengan beberapa **keuntungan mendasar yang penting**:

- » Sumber daya yang besar di lokasi yang baik
- » Daya selalu dibutuhkan dan harga beli daya mahal
- » Modal lokal tersedia
- » Proses FIT yang terdefinisi dengan tarif dan formula yang transparan.

————— **TABEL 4** —————  
**KLASIFIKASI LISTRIK**  
**TENAGA AIR**  
 .....

NO	KATEGORI	KELUARAN	TIPE	JENIS PEMBANGKIT	BIAYA INVESTASI
1	Mikro	< 100 kW	Arus sungai	Pemikul beban dasar	1,5 – 3
2	Mini	100 kW – 1 MW	Arus sungai	Pemikul beban dasar	1,5 – 3
3	Kecil	< 10 MW	Arus sungai	Pemikul beban dasar (basah)/ bergantian (kering)	1,5 – 2
4	Sedang	10 – 100 MW	Arus sungai	Pemikul beban dasar (basah)/ bergantian (kering)	1,5 – 2,5
5	Sedang	100 – 300 MW	Bendungan dan penampungan air	Beban dasar dan puncak	2 – 3
6	Besar	> 300 MW	Bendungan dan penampungan air	Beban dasar dan puncak	2 – 3

---

# 5.1

## GAMBARAN UMUM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MINI HIDRO

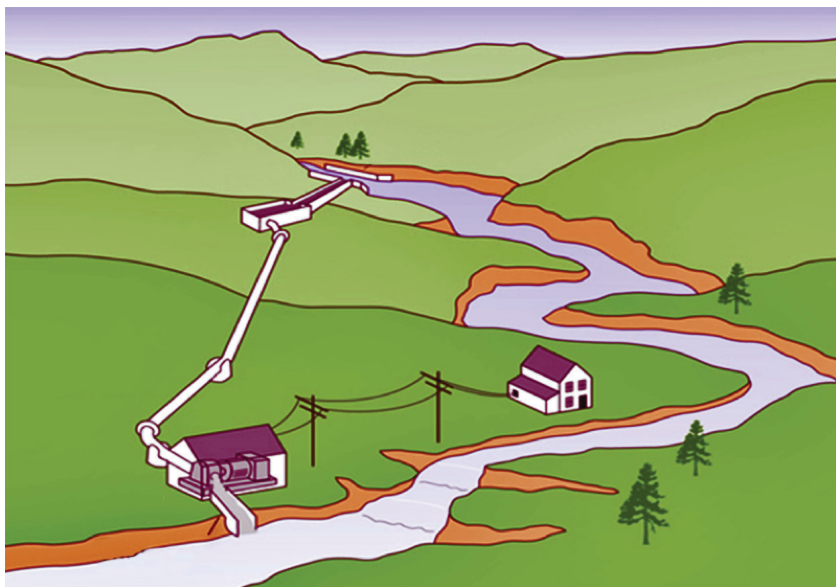
---

Pengembangan proyek pembangkit listrik tenaga mini hydro memerlukan identifikasi, penanggulangan dan alokasi risiko selama proyek konstruksi dan operasi. Tidak seperti teknologi lainnya, proyek pembangkit listrik tenaga air yang dirancang dan dibangun dengan baik akan membatasi risiko operasional, terutama dalam variabilitas hidrologi. Keandalan mekanik peralatan listrik tenaga air sangat tinggi dibandingkan dengan banyak teknologi. Tenaga kerja relatif sedikit diperlukan, pemeliharaan, meskipun penting, terbatas, dan proyek ini cukup kebal terhadap inflasi harga.

Proyek PLTA mengubah energi potensial menjadi energi listrik. Energi potensial hanya berasal dari gaya gravitasi yang membuat aliran air menurun. Daya dibangkitkan dengan menampung air pada ketinggian yang tinggi, memindahkannya di bawah kendali dan tekanan menuju ketinggian rendah, dan melepaskannya melalui peralatan pembangkit. Tidak ada air atau bahan bakar lain yang dikonsumsi. PLTA bersifat efisien dan kompetitif karena teknologi ini dikembangkan dengan baik dan karena massa air, sumber daya energi menjadi padat.

————— *GAMBAR 21* —————  
UNSUR CONTOH PROYEK PEMBANGKIT  
LISTRIK TENAGA AIR KECIL

---



Untuk mengontrol, memanfaatkan dan mengkonversi potensi daya dari sebuah lokasi pembangkit listrik tenaga air alami, air harus dikendalikan pada ketinggian yang tinggi dan dikendalikan untuk dilepaskan pada ketinggian yang lebih rendah. Perbedaan antara dua ketinggian ini disebut “kepala (head)”. Untuk mengembangkan kepala, air harus dikendalikan dan dialihkan dari sungai, dialirkan ke ketinggian yang lebih rendah, dan dilepaskan kembali ke sungai setelah energi dikonversi.

---

### 5.1.1 // DIVERSI: BENDUNGAN DAN BENDUNG

---

Pada titik yang sesuai di sungai, perlu dibangun sebuah struktur pengalih disebut bendung (bendungan kecil). Selain itu, akan ada gerbang dan bukaan untuk mengambil air dari kolam kecil dengan fasilitas saluran air. Struktur pengalih biasanya tingginya 2 sampai 10 meter, meskipun ukuran lain dimungkinkan. Sedikit air tersimpan di balik bendung pengalih sehingga proyek hanya dapat membangkitkan listrik dengan air di sungai pada titik mana pun pada saatnya. Istilah yang digunakan untuk suatu proyek pembangkit listrik tenaga air kecil adalah “aliran sungai”. Bendung diversifikasi biasanya terbuat dari beton, meskipun interiornya sering dipenuhi dengan batu-batu besar untuk membatasi jumlah beton yang diperlukan. Jika bendungan cukup tinggi, pembangkit listrik dapat ditemukan di bendungan. Namun, untuk proyek pembangkit listrik tenaga mini hydro di Indonesia, hal seperti itu jarang dijumpai.

———— GAMBAR 22 ————

BENDUNG PENGALIH

---



---

## 5.1.2 // PENYALURAN AIR – KANAL, TEROWONGAN DAN PIPA PESAT

---

Air disalurkan ke pembangkit tenaga listrik di hilir melalui suatu kanal atau pipa pesat. Kanal adalah saluran terbuka dan dengan topografi yang tepat, dapat menjadi metode angkut air paling ekonomis untuk jarak jauh (500 meter sampai 5 kilometer). Terowongan sering dianggap mahal untuk dibangun, tetapi dapat memiliki keuntungan yakni memperpendek jarak penyaluran dan menyederhanakan operasi. Sedangkan pipa pesat, yaitu pipa bertekanan, digunakan ketika konstruksi kanal sukar dan ketika penyaluran air mulai mengalir ke bawah. Dalam beberapa hal, keseluruhan penyaluran air dapat dilakukan dengan pipa pesat atau terutama terowongan atau kanal. Pemilihan alat saluran air yang tepat adalah keputusan yang dibuat berdasarkan lokasi.

————— GAMBAR 23 —————  
KANAL PADA UMUMNYA

---



————— GAMBAR 24 —————  
PIPA PESAT DARI KOLAM KEPALA KE  
PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK  
.....



————— GAMBAR 25 —————  
TEROWONGAN YANG SEDANG DIBANGUN

.....



---

### 5.1.3 // PERALATAN DAN PENGENDALIAN PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK DAN PERLINDUNGAN DARI BANJIR

---

Pembangkit tenaga listrik adalah lokasi di mana peralatan disimpan. Peralatan penting termasuk turbin dan generator, diikuti oleh transformator dan saklar yang membawa listrik ke jaringan listrik. Peralatan tambahan mengendalikan proses, menjaga agar peralatan dilumasi dan didinginkan. Saluran air buang adalah kanal yang lebih rendah atau daerah di mana air kembali ke sungai atau badan air lainnya.

Struktur pembangkit tenaga listrik umumnya terbuat dari beton sehingga struktur tersebut anti banjir sampai batas yang wajar. Pembangkit tenaga listrik adalah struktur yang dirancang khusus untuk mengakomodasi peralatan yang dipilih untuk proyek tersebut.

————— *GAMBAR 26* —————  
STRUKTUR PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK PADA  
UMUMNYA DENGAN RUMAH SAKLAR/ TRANSFORMATOR  
.....



————— GAMBAR 27 —————  
SALURAN AIR BUANG PADA UMUMNYA

---



---

### 3.1.4 // FITUR LAINNYA

---

Proyek ini juga dapat menyertakan fitur sipil atau penyaluran air lainnya. Pada bagian intake, proyek kadang-kadang memiliki ruang sedimen untuk membuang kelebihan pasir, kerikil dan sedimen dari aliran pembangkit. Adanya suatu fasilitas akan tergantung pada karakteristik sungai dan desain proyek. Proyek kanal panjang juga memiliki “kolam kepala” atau “wadah penampung” di mana air dikumpulkan untuk dimasukkan ke pipa pesat.

Proyek ini juga memiliki transformator untuk mengubah tegangan pembangkit menjadi tegangan jaringan. Di Indonesia, tegangan pengiriman untuk proyek pembangkit listrik tenaga air kecil biasanya 20.000 Volt atau 20 kilovolt (kV).



---

# 5.2

## PRINSIP KONVERSI LISTRIK TENAGA AIR

---

Daya yang dihasilkan (dalam kilowatt) berbanding lurus dengan debit air dan kepala (tekanan):

$$KW = 9.81 \times Q \times H \times E$$

Q = arus air: m<sup>3</sup>/detik

H = tekanan air: meter ketinggian air

E = efisiensi generator/turbin/transformator:  
umumnya masing-masing 97%/90%/98%.

Kilowatt adalah daya atau kapasitas pada setiap titik pada waktunya. Namun, produk yang dijual oleh proyek pembangkit listrik tenaga mini hydro adalah energi atau kilowatt-jam (kWh). kWh (energi) hanyalah daya selama suatu periode waktu. Penting untuk diingat bahwa produk yang dijual adalah energi, sehingga biaya energi lebih penting daripada biaya kapasitas untuk memproduksi energi.

---

# 5.3

## TEKNOLOGI DAN PERALATAN

---

Memiliki peralatan yang tepat sangat penting. Jika peralatan tidak memenuhi harapan kinerja atau tidak dapat diandalkan, seluruh investasi proyek akan menjadi tidak bernilai. Dengan demikian, penting untuk memastikan proyek tersebut memiliki pemasok yang berpengalaman dan berkualitas tinggi. Jika peralatan yang buruk telah terpasang, hampir tidak mungkin untuk merancang ulang proyek untuk mengubah peralatan. Biasanya, untuk proyek pembangkit listrik tenaga mini hydro, peralatan memakan sekitar 20-35 % dari total biaya proyek. Oleh karena itu, penghematan yang dilakukan pada peralatan proyek jumlahnya kecil bila dibandingkan dengan biaya proyek secara keseluruhan.

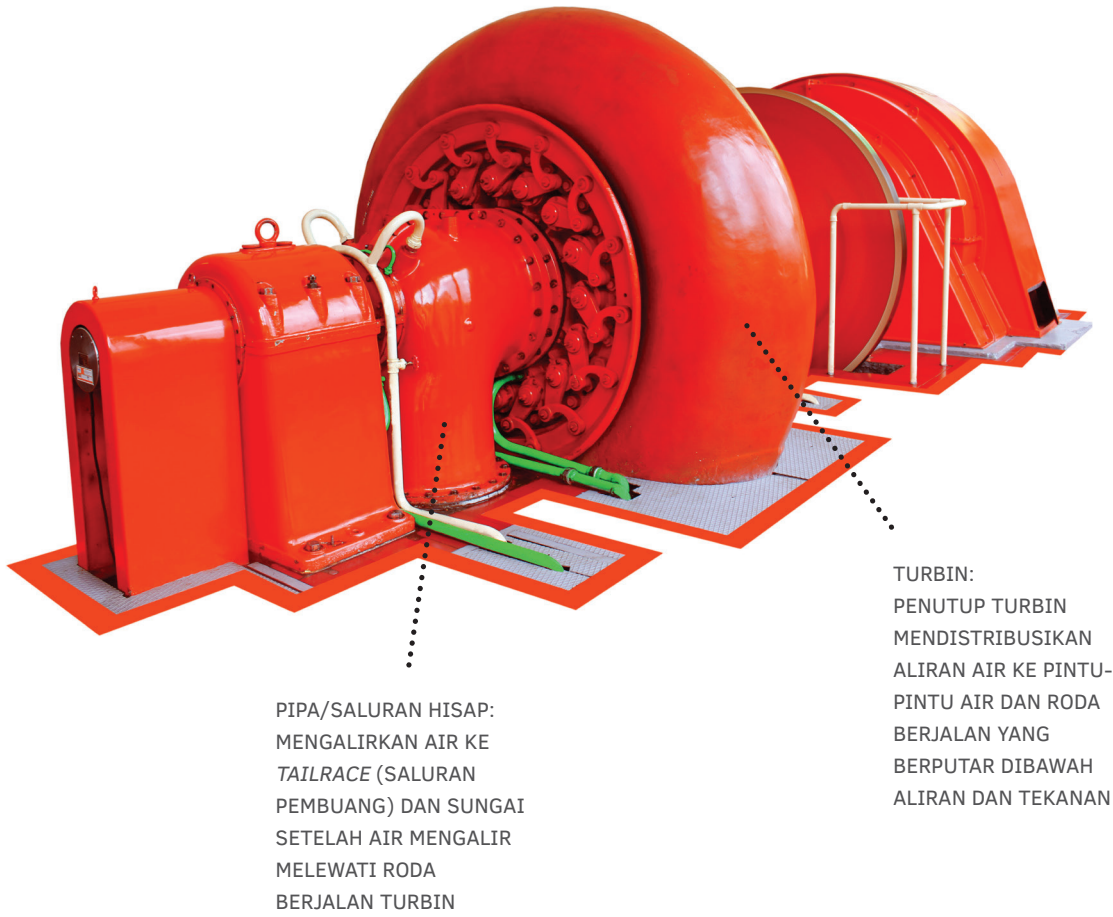
Memasok peralatan listrik tenaga air adalah usaha spesialisasi. Biasanya, produsen turbin akan mengirimkan peralatan dengan generator, kontrol, katup, pompa pendingin, dan peralatan lain yang diperlukan yang terpilih. Dengan memiliki satu pemasok, ada jaminan dan kepastian bahwa semua komponen akan bekerja dengan baik. Pengembang harus memilih peralatan mereka dari dua hingga empat tawaran dari perusahaan kandidat.

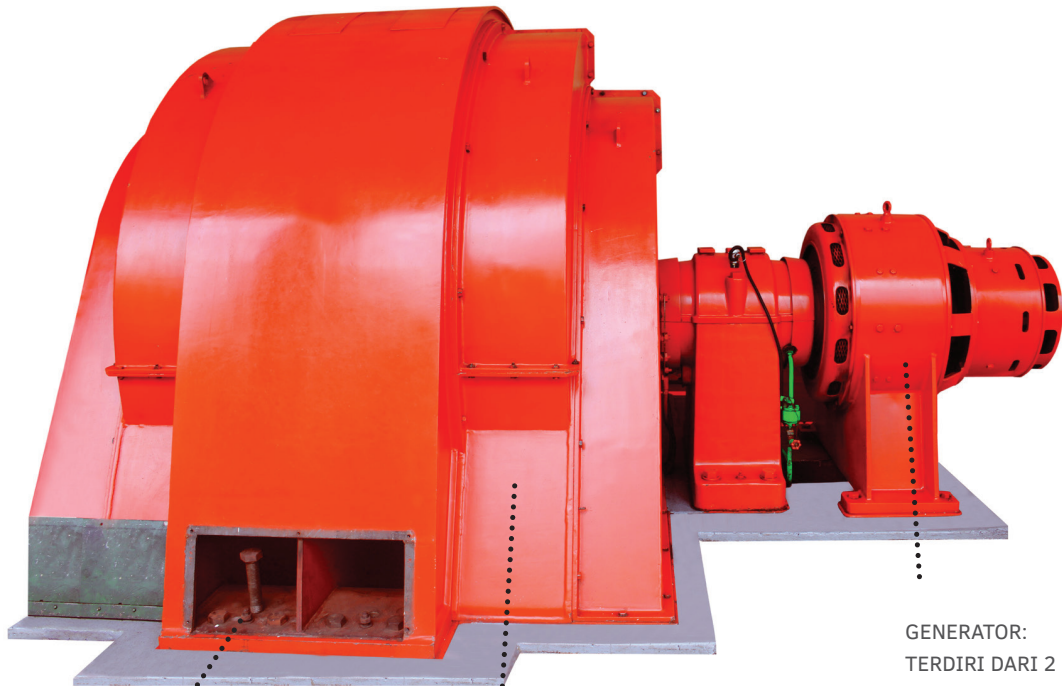
Ada sejumlah desain turbin pembangkit listrik tenaga air. Yang paling umum adalah:

- » **Turbin Francis**  
Digunakan di sebagian besar proyek pembangkit listrik tenaga mini hydro di Indonesia, dengan kepala dari 30-200 meter
- » **Turbin Kaplan**  
Efisiensi tinggi dengan gerbang variabel kontrol dan sirip turbin yang dapat disesuaikan, untuk aplikasi kepala lebih rendah di mana aliran sangat bervariasi
- » **Turbin Propeller**  
Mirip dengan turbin Kaplan, tapi tanpa sirip turbin yang dapat disesuaikan dan tidak fleksibel.
- » **Turbin Pelton**  
Untuk proyek kepala tinggi (lebih dari 200 meter).

Turbin lainnya adalah campuran dari jenis-jenis ini dan dapat digunakan dengan sukses dalam instalasi tertentu.

GAMBAR 28  
KOMPONEN TURBIN  
TIPE FRANCIS





BANTALAN:  
MEMBANTU MESIN  
TURBIN DAN KOMPONEN-  
KOMPONENNYA UNTUK  
TETAP STABIL PADA  
POSISINYA

*EXCITER:*  
MEMBERIKAN  
MEDAN LISTRIK  
UNTUK GENERATOR  
DAN MENGONTROL  
TEGANGAN SERTA  
FREKUENSI LISTRIK  
UNTUK MENJAMIN  
KOMPATIBILITAS  
DENGAN GRID

GENERATOR:  
TERDIRI DARI 2  
KOMPONEN, STATOR DAN  
ROTOR. ROTOR BERPUTAR  
DIDALAM STATOR DENGAN  
MEDAN LISTRIK DAN  
MENGHASILKAN LISTRIK

---

# 5.4

## INVESTASI DALAM PROYEK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MINI HYDRO

---

Proyek pembangkit listrik tenaga air cukup mudah untuk dievaluasi sebagai investasi jangka panjang. Proyek ini hanya menjual energi dalam kWh dengan harga yang ditetapkan dalam perjanjian jual beli listrik. Proyek dibangun untuk menghasilkan jumlah rata-rata energi selama beberapa tahun, sehingga pendapatan rata-rata yang dapat diperkirakan hanyalah jumlah rata-rata tahunan kWh dikalikan dengan tarif.

Biaya pengembangan dan konstruksi proyek pembangkit listrik tenaga mini hydro cukup besar. Namun, biaya operasional proyek ini lebih rendah daripada hampir semua teknologi energi lainnya. Pembangkit listrik ini membutuhkan beberapa orang karyawan dengan jumlah yang cukup untuk dapat memantau operasi, menjamin keamanan dan melakukan pemeliharaan rutin.

Umumnya evaluasi proyek pembangkit listrik tenaga air dilakukan dengan model tahunan jangka panjang pendapatan dan beban. Karena proyek ini menggunakan aliran sungai, biaya yang besar dan risiko yang terlibat dengan semua jenis bahan bakar menjadi seminimal mungkin, kecuali untuk variasi hidrologi.

Biaya untuk proyek pembangkit listrik tenaga mini hydromeliputi:

- » Tunjangan perbaikan pekerja
- » Suku cadang dan alat-alat
- » Telepon dan listrik yang dibeli
- » Transportasi dan bahan bakar untuk operator
- » Asuransi
- » Pajak
- » Royalti, jika ada.

Namun, sangat penting untuk diingat bahwa variasi debit air berarti pendapatan yang juga akan bervariasi. Tergantung pada sifat DAS dan pola curah hujan sungai, keluaran desain proyek dapat bervariasi dari 50 % sampai 150 % dari daya rata-rata tahunan. Itu berarti bahwa pendapatan proyek akan bervariasi dari perkiraan produksi tahunan rata-rata dalam kWh hampir setiap tahun. Evaluasi investasi proyek harus mencakup variabilitas produksi proyek. Tidak ada yang bisa memprediksi secara tepat siklus tahun basah dan kering, namun siklus tersebut pasti akan terjadi. Sangat penting bahwa evaluasi investasi mencakup siklus basah dan kering dan mengalokasikan sejumlah variasi dalam pendapatan dalam uji sensitivitas investasi.

Pendapatan tahunan harus memberikan hasil yang cukup untuk menjustifikasi investasi awal. Biaya investasi didorong oleh total biaya konstruksi dan biaya pengembangan. Biasanya, biaya konstruksi mencakup **tiga kontrak utama**:

1. Kontrak konstruksi sipil, sering merupakan kombinasi dari desain akhir dan konstruksi
2. Kontrak Peralatan untuk turbin/ generator/kontrol/pembantu
3. Jalur transmisi.

Biaya pengembangan lainnya meliputi:

- » Biaya Teknik
- » Izin dan lisensi
- » Biaya pendanaan
- » Hak dan pembebasan lahan.

Sebagian besar proyek pembangkit listrik tenaga mini hydro dioperasikan oleh karyawan pemilik atau organisasi yang merupakan afiliasi dari pemilik. Operasi bergantung pada beberapa karyawan kunci dengan pengetahuan rinci tentang pembangkit listrik tersebut, tidak melibatkan banyak orang.

Seringkali, teknologi pembangkit listrik yang berbeda diperbandingkan dalam hal biaya instalasi kapasitas mereka, seperti dalam Rp/kW atau US \$/kW. Namun, karena produk proyek pembangkit listrik tenaga mini hydro adalah energi, akan lebih berguna untuk membandingkan biaya instalasi ke unit energi rata-rata tahunan. Dengan demikian, perhitungan singkat dari biaya proyek yang tersebar di perkiraan pembangkitan energi tahunan rata-rata dibuat dalam Rp/kWh atau US \$/kWh. Biasanya, tarif beli yang akan ditentukan berdasarkan PPA telah diketahui bahkan sebelum proyek direncanakan. Oleh karena itu, cukup sederhana untuk menghitung nilai bersih sekarang dari pembangkitan listrik untuk jangka waktu catatan tertentu (misalnya, 20 tahun) dan memperkirakan nilai maksimum proyek dengan tarif sebesar Rp 787,2/kWh. Untuk mencapai laba sebesar 15% dari investasi, proyek tersebut harus diselesaikan dengan biaya sekitar Rp 4.400/kWh. Untuk mencapai laba sebesar 20%, biaya penyelesaiannya adalah sekitar Rp 3.200.

————— **TABEL 5** —————  
**PERKIRAAN TINGKAT HASIL PENGEMBALIAN TERHADAP  
 TARIF BELI DAN TARGET BIAYA INSTALASI**  
 .....

JANGKA WAKTU	TK. HASIL PENGEMBALIAN	FIT (RP/KWH)	TARGET BIAYA INSTALASI COST (US\$/KWH)
20	15%	Rp 4,425	\$0.46
20	20%	Rp 3,224	\$0.33
30	15%	Rp 4,229	\$0.44
30	20%	Rp 3,157	\$0.33

---

# 5.5

## EVALUASI KELAYAKAN PROYEK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MINI HYDRO

---

Setelah pengembang memilih lokasi atau bagian sungai untuk pengembangan, tahap pertama perencanaan adalah studi pra-kelayakan atau kelayakan. Studi ini perlu berfokus pada daerah di mana identifikasi risiko adalah hal yang paling penting dan kadang lebih sulit. **Bidang utama** dari setiap studi kelayakan proyek pertama adalah:

- » Hidrologi
- » Topografi
- » Geologi
- » Analisis aliran banjir
- » Tata letak produk
- » Analisis energi
- » Anggaran proyek
- » Logistik

---

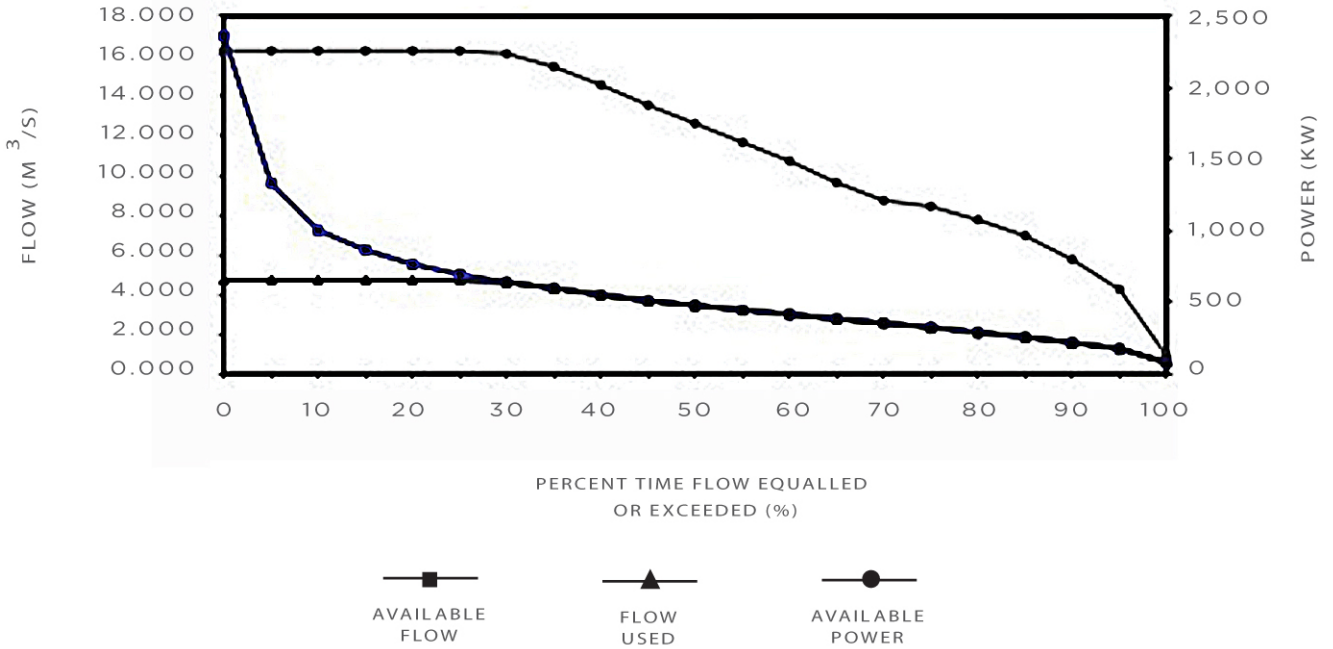
### 5.5.1 // HIDROLOGI

---

Proyek pembangkit listrik tenaga mini hydro paling aman ketika alat pengukuran debit air telah berada di sungai selama 20 tahun atau lebih. Situasi ini sangat jarang terjadi di Indonesia, yang memiliki sungai kecil yang tak terhitung jumlahnya di daerah terpencil. Dengan demikian, diperlukan studi curah hujan, limpasan dan korelasi terhadap alat pengukur lainnya. Hal ini harus berbentuk studi terperinci yang memperhitungkan apa yang tersedia secara harian, bukan secara jangka panjang, di mana estimasi biasanya merata-ratakan debit air yang kecil dan besar sehingga informasi mengenai debit air aktual menjadi terdistorsi. Evaluasi hidrologi suatu proyek mungkin merupakan elemen yang paling penting dan hal tersebut harus dilakukan secara terperinci dan benar dari awal.

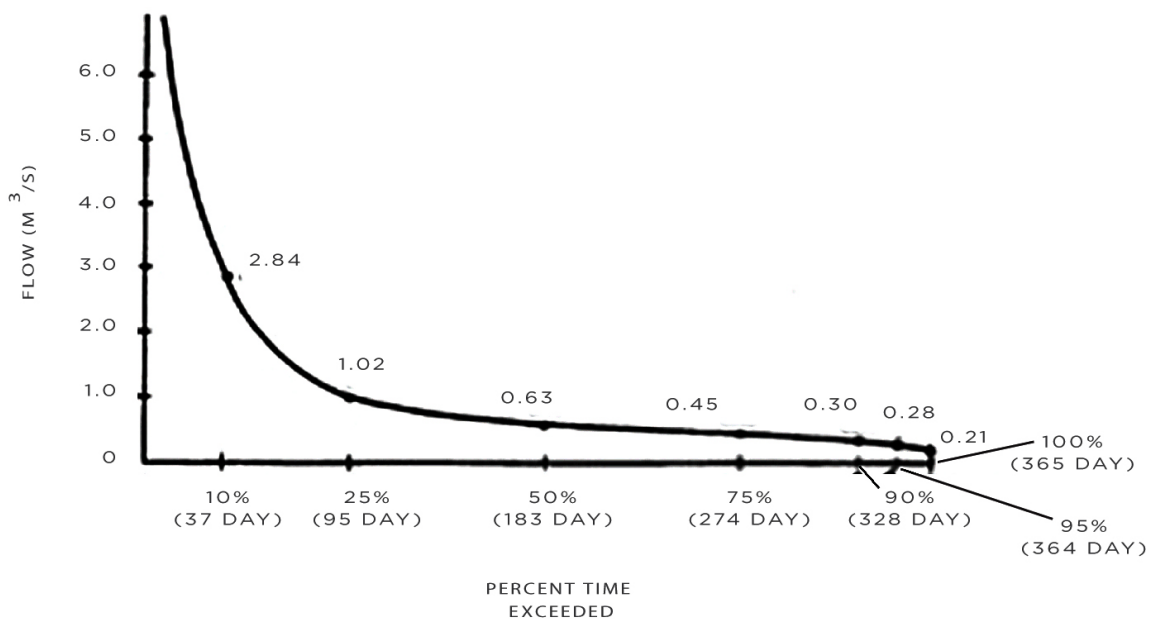
Hidrologi di lokasi digunakan untuk mengembangkan kurva durasi aliran. Kurva tersebut adalah peringkat debit air harian dari tinggi ke rendah. Memperkirakan pembangkitan listrik dari kurva durasi aliran cukup sederhana, dengan menggunakan persamaan daya yang diberikan di awal bagian ini, di atas garis waktu kurva. **Gambar 29** menunjukkan aliran durasi kurva sampel dan daya yang dihasilkan untuk proyek pembangkit listrik tenaga air kecil.

————— **GAMBAR 29** —————  
**KURVA DURASI ALIRAN DAN DAYA YANG DIHASILKAN UNTUK  
 SEBUAH PROYEK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MINI HYDRO**  
 .....



Ada beberapa metode pemodelan sungai untuk limpasan sebagian atau seluruhnya, tetapi metode tersebut bagus sejauh sebagai perkiraan untuk analisa. Metode tersebut harus diuji dan diuji kembali sebanyak mungkin. **Gambar 30** menunjukkan kurva durasi aliran pada umumnya.

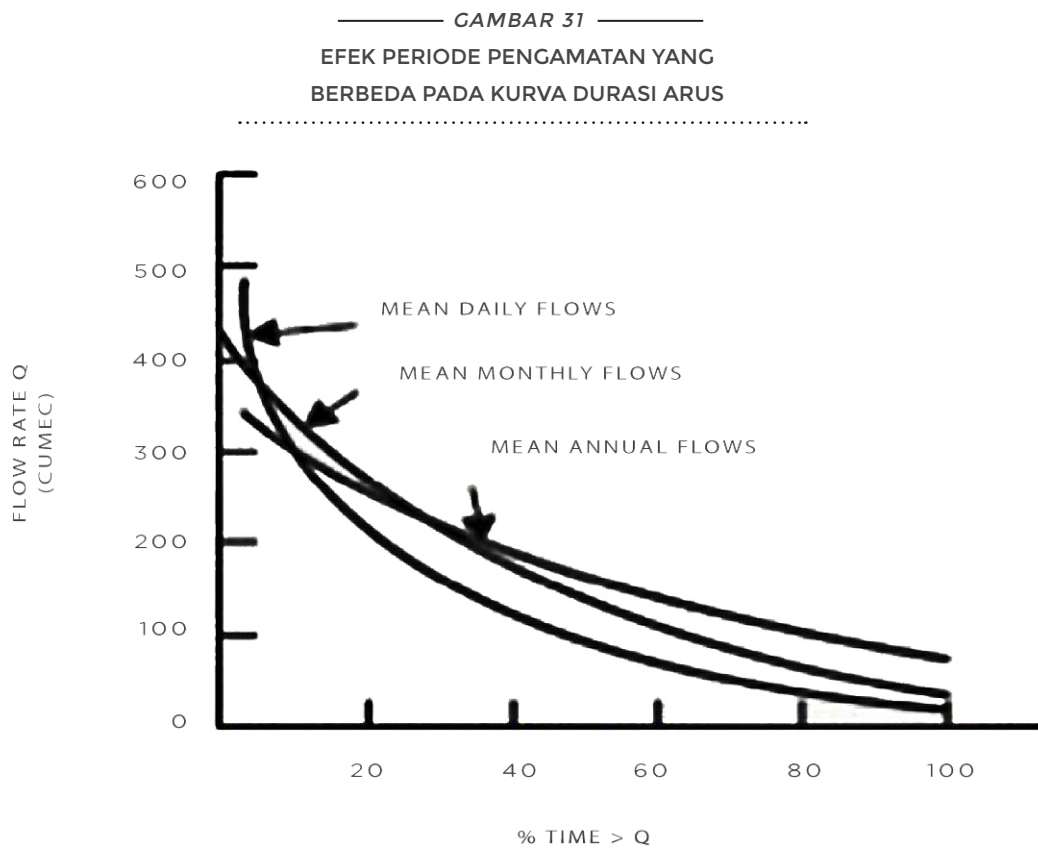
————— **GAMBAR 30** —————  
**KURVA DURASI ALIRAN PADA UMUMNYA**  
 .....





Unsur utama yang harus dipertimbangkan oleh pengkaji proyek adalah apakah metode pengukuran yang digunakan sesuai dengan proyek yang diusulkan. Ada kasus di proyek pembangkit listrik tenaga mini-hidro baru-baru ini di Indonesia dimana hidrologi untuk perkiraan keluaran proyek pada reservoir non-penyimpanan diperiksa dengan pengamatan pada jangka waktu yang lebih lama: curah hujan bulanan. Akibatnya, kurva durasi aliran menjadi lebih datar sehingga terjadi overestimasi debit sungai untuk pembangkit listrik. Mungkin studi ini mengasumsikan kondisi untuk bendung yang dirancang untuk debit air yang lebih kecil.

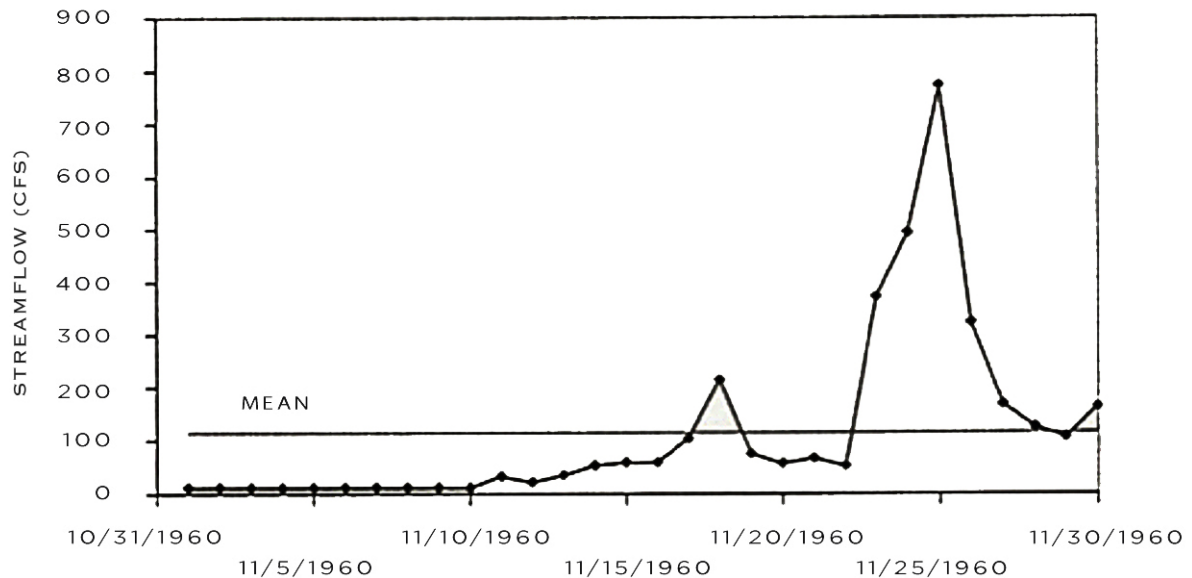
Biasanya, data limpasan bulanan digunakan untuk jenis pembangkit yang menggunakan penampungan air, sedangkan data limpasan harian digunakan untuk pembangkit jenis limpasan aliran sungai (ROR) (pembangkit listrik Tenaga Mini Hidro tanpa penampungan air, yang hanya mengandalkan aliran sungai untuk input). Limpasan sungai berubah secara harian maupun tahunan, dan debit air menjadi lebih besar selama musim hujan dan mengecil saat musim kemarau. Proyek ROR sangat berbeda dalam hal desain dan penampilan dari proyek pembangkit listrik tenaga air konvensional (yang sebagian besar menggunakan penampungan air). Sebagian besar proyek ROR tidak memerlukan penampung air yang besar. **Gambar 31** menunjukkan efek dari periode pengamatan yang berbeda.



Gambar 31 mengilustrasikan kesalahan yang dapat terjadi apabila periode pengamatan bulanan atau periode pengamatan jangka panjang lainnya digunakan (yaitu, yang lebih dari satu hari). Sebagai contoh, studi untuk proyek yang membutuhkan aliran 150 meter kubik/detik (cfs) - prasyarat untuk produksi listrik yang menjadi target - akan memperhitungkan bahwa proyek tersebut akan dijalankan sekitar 80 % dari keluaran penuh untuk seluruh bulan selama 720 jam jika menggunakan aliran data tahunan. Namun, ketika digunakan arus sehari-hari, setiap arus di atas 150 cfs akan terjadi kurang dari 40 % dari waktunya. Akibatnya, pembangkit listrik akan kehilangan kapasitas pembangkitan listrik karena dijalankan pada keluaran yang jauh lebih rendah. Perkiraan produksi listrik yang dihasilkan selama sebulan mungkin menjadi kelebihan sekitar 30% dengan menggunakan debit bulanan rata-rata.

————— *GAMBAR 32* —————  
 DISTORSI DARI PENGGUNAAN  
 ARUS RATA-RATA BULANAN

.....  
 WILLOW CREEK HYDROGRAPH, NOVEMBER 1960



**Gambar 32** menggambarkan bagaimana pengukuran aliran berfluktuasi dan bagaimana nilai rata-rata (mean) bisa sangat berbeda dari debit air yang bernilai kecil dari hasil pengukuran yang sebenarnya untuk setiap pengamatan waktu yang dalam hal ini dilakukan pada periode lima hari.

**Pertanyaan kunci** untuk aspek hidrologi dari proyek adalah:

- » Data apa yang digunakan untuk proyek hidrologi, dan bagaimana data tersebut dianalisis?
- » Apakah daerah tangkapan dipastikan dengan baik dan akurat?
- » Apakah karakteristik tangkapan (ukuran, bentuk dan kemiringan) dipertimbangkan dengan benar?
- » Apakah asumsi limpasan telah diperiksa dan diuji?
- » Apa pertimbangan yang harus diperhitungkan ketika menggunakan periode pengamatan yang lebih lama daripada secara harian untuk pemodelan aliran?
- » Apakah hidrologi mencerminkan kondisi sebenarnya di mana pembangkit listrik harus menghasilkan daya listrik?
- » Apakah ada perbandingan data lain yang dapat digunakan?
- » Apakah efek arus tinggi dan rendah telah diperkirakan? Bagaimana ini akan mencerminkan pendapatan?
- » Apakah ada pembangkit dengan sekelumit sejarah di daerah aliran sungai atau di sekitarnya?
- » Apakah penilaian risiko validitas catatan hidrologi telah selesai?

---

## 5.5.2 // TOPOGRAFI

---

Gambaran topografi proyek yang baik sangat penting untuk mendapatkan proyeksi akurat dari posisi kepala, intake, pembangkit tenaga listrik dan fasilitas aliran air. Biasanya lokasi proyek dipilih dari citra pemetaan dan satelit yang umumnya tersedia. Pada saat gambar konseptual atau tawaran (pekerjaan sipil) disusun, topografi yang spesifik diperlukan untuk identifikasi rute jalan akses, kanal atau pipa pesat, pondasi diversifikasi, fasilitas intake, dan pembangkit tenaga listrik. Skala yang dibutuhkan dari gambar tergantung pada fasilitas. Survei lokasi yang tepat untuk fasilitas ini diperlukan untuk menciptakan desain yang handal (yang tidak perlu modifikasi terus-menerus selama proses persiapan).

**Tabel 6** menunjukkan skala peta topografi yang diperlukan untuk studi tahap awal, studi pra-kelayakan, dan studi kelayakan (FS). Semakin tinggi resolusi peta, semakin lebih akurat analisisnya

————— **TABEL 6** —————  
**KALA PETA TOPOGRAFI  
UNTUK STUDI PROYEK**  
.....

TAHAP PENGEMBANGAN	SKALA PETA TOPOGRAFI YANG DIBUTUHKAN
Studi Penelitian/Studi Awal	1:50.000 ~ 1:10.000
Studi Pra Kelayakan	1:10.000 ~ 1:5.000
Studi Kelayakan	1:1.000 ~ 1:200

Peta Topografi relatif mahal tapi benar-benar diperlukan untuk desain dan pembuatan kontrak yang tepat. Dokumen kriteria desain atau dokumen lain harus mendefinisikan apa yang telah dilakukan dalam persiapan untuk desain. Topografi yang akurat menghilangkan risiko yang signifikan. Penjelasan samar tentang lingkup pekerjaan topografi dapat menjadi indikator bahwa peta hanyalah perkiraan kasar dari peta yang lebih besar, tanpa pengendalian atau pemeriksaan spesifik di lapangan.

**Pertanyaan penting** untuk aspek topografi adalah:

- » Apakah pemetaan khusus telah diselesaikan untuk wilayah proyek penting?
- » Apakah rute yang diusulkan untuk saluran air telah disurvei dengan benar dan diprofilkan?
- » Apakah lokasi untuk intake, pembangkit tenaga listrik dan kotak intake (jika ada) telah disurvei, termasuk dasar sungai dan bagian sungai, dekat fasilitas?
- » Apakah studi topografi yang dilakukan oleh sebuah perusahaan survei yang berkualitas?
- » Apakah topografi yang diusulkan mencerminkan kondisi situs sebenarnya dan memberikan tata letak yang optimal?

---

### 5.5.3 // GEOLOGI

---

Geologi proyek ini juga penting untuk upaya penanggulangan dan alokasi risiko. Desain akhir dari proyek ini akan mengurangi risiko pondasi dan geoteknik. Informasi yang memadai juga memungkinkan kontraktor yang membangun proyek untuk merencanakan dan mengelola risiko penggalian batuan, stabilisasi lereng dan persiapan pondasi. Informasi geologi dan geoteknik mahal dan sering tidak sepenuhnya dikumpulkan sampai tahap akhir dari perencanaan proyek. Namun, informasi tersebut memungkinkan penyusunan desain penerimaan risiko yang tepat oleh kontraktor pekerjaan sipil.

**Tujuan utama** informasi geoteknik berkualitas baik dan spesifik pada lokasi adalah:

- » Mengidentifikasi secara memadai kondisi permukaan dan bawah permukaan untuk desain
- » Memperkirakan jumlah penggalian bumi dan batuan
- » Mengkarakterisasi kondisi dan kekuatan pondasi
- » Mengevaluasi stabilitas lereng di bidang pemotongan untuk membangun fitur proyek
- » Secara sesuai mengalokasikan risiko geoteknik antara kontraktor dan pengembang.

---

### 5.5.4 // ANALISIS ALIRAN BANJIR

---

Analisis debit banjir diperlukan untuk desain fasilitas proyek yang tepat, karena semua fasilitas berada di sungai atau di dekat sungai. Fasilitas harus mampu menahan tingkat banjir yang wajar, dengan mempertimbangkan bahwa semakin tinggi perlindungan banjir, semakin mahal konstruksinya.

**Pertanyaan penting** untuk analisis aliran banjir:

- » Apakah metode yang digunakan dan parameter lokasi sesuai dengan kondisi lokasi?
- » Apakah metode yang dipilih diterapkan dengan benar dengan data yang sesuai?
- » Apakah kriteria desain untuk fasilitas proyek memiliki tingkat perlindungan yang dapat diterima?
- » Apakah ada analisis atau model yang memadai yang mengubah aliran banjir desain menjadi elevasi intake dan rumah sentral daya?
- » Apakah fasilitas dirancang dengan mempertimbangkan kriteria banjir?

---

### 5.5.5 // TATA LETAK PROYEK

---

Tata letak proyek harus mencakup fasilitas yang tepat untuk memenuhi parameter produksi proyek. Tata letak pertama merupakan hal yang penting untuk mendefinisikan proyek, mengurangi risiko dengan desain, dan menunjukkan daerah yang membutuhkan studi terperinci atau tambahan untuk sampai pada desain yang lengkap. Tata letak proyek diperlukan untuk perkiraan biaya pertama, berdasarkan jumlah bahan dan jenis fasilitas yang dibutuhkan.

---

### 5.5.6 // ANALISIS ENERGI

---

Analisis energi didasarkan pada hidrologi dan tata letak proyek. Analisis ini akan menetapkan nilai proyek karena didasarkan pada air yang tersedia dan kepala yang dikembangkan oleh tata letak proyek. Analisis harus terus disempurnakan sebagaimana proyek terus berkembang, dengan analisis akhir yang selesai ketika peralatan turbin dan generator dipilih dan kerugian hidrolis didefinisikan dalam desain proyek akhir.

---

### 5.5.7 // ANGGARAN PROYEK

---

Anggaran proyek awal didasarkan pada perkiraan ahli studi proyek. Karena proyek berlangsung sampai selesai, perkiraan diganti dengan anggaran untuk kontrak, pembebasan lahan dan kegiatan proyek lainnya. Proses identifikasi risiko dan alokasi risiko tercermin dalam estimasi proyek, yang menjadi anggaran proyek dengan biaya aktual dan tetap yang ditentukan dalam kontrak.

---

### 5.5.8 // LOGISTIK PROYEK

---

Logistik proyek sangat penting di Indonesia. Sebagai negara kepulauan, transportasi mungkin sukar. Alat-alat besar dan berat harus dipindahkan ke lokasi proyek dan mungkin membutuhkan akses jalan baru dan jembatan. Perencanaan logistik yang tepat untuk sebuah proyek sangat penting.

Penyerahan daya dan jalur transmisi memiliki dampak yang besar terhadap kelayakan proyek. Karena proyek pembangkit listrik tenaga air kecil wajib memberikan energi lebih dari 20 kV, mungkin terjadi kehilangan energi yang signifikan dari pembangkit ke titik pengiriman. Pengembang dan penyedia dana harus segera memperhatikan pengembangan proyek untuk memastikan bahwa proyek ini direncanakan dan dibangun untuk meminimalisir masalah dalam pengiriman daya listrik. Jalur transmisi yang lebih panjang ke titik interkoneksi PLN tidak hanya mengakibatkan biaya yang lebih tinggi untuk konstruksinya tetapi juga hilangnya daya yang lebih tinggi, yang secara langsung mempengaruhi pendapatan dan hasil yang diharapkan.

---

# 5.6

## RISIKO TERKAIT DENGAN PROYEK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MINI HYDRO

---

Keseluruhan proses pembangunan hingga pelaksanaan proyek adalah latihan dalam identifikasi, penanggulangan dan alokasi risiko. Para pengembang dan proyek yang sukses adalah mereka yang mengalokasikan risiko dengan baik kepada pihak yang paling sesuai untuk mengambil risiko tersebut. Pemberi pinjaman mengambil risiko minimal dan terbatas. Pemilik dapat mengurangi risiko dengan pengumpulan data yang tepat di lokasi, evaluasi yang tepat, dan desain yang tepat sementara menerima risiko lainnya.

Unsur risiko proyek dapat diklasifikasikan menjadi risiko internal atau eksternal. Risiko internal muncul dari cara proyek dikelola atau dari kejadian di lingkungan mikro terdekatnya sedangkan risiko eksternal timbul dari peristiwa eksternal seperti keadaan kahar dan tindakan pemerintah. Oleh karenanya, risiko internal bersifat spesifik pada proyek dan tunduk pada kendali atau pengaruh tim proyek, namun risiko eksternal tidak. Contoh dari risiko internal adalah penundaan proyek karena instalasi peralatan yang rusak. Peristiwa risiko tersebut dapat dicegah dengan menerapkan tindakan pengendalian mutu yang baik untuk proyek tersebut.

Proyek pembangkit listrik tenaga mini hydro memiliki risiko tertinggi selama fase konstruksi. Proyek yang tidak dirancang benar rentan terhadap pembengkakan biaya dan keterlambatan penyelesaian. Namun, setelah selesai, proyek yang dirancang dengan baik dengan peralatan berkualitas tinggi dapat beroperasi dengan biaya rendah untuk jangka waktu yang sangat lama. Indonesia memiliki proyek yang telah beroperasi terus menerus selama lebih dari 80 tahun. Jika dipasang peralatan berkualitas tinggi, risiko operasional dari proyek ini terbatas pada siklus hidrologi, kerusakan peralatan yang tidak terduga atau kerusakan dan bencana alam. Masalah kerusakan peralatan dan bencana alam seperti banjir atau gempa bumi seringkali dapat dilindungi dengan asuransi.

Bagian yang paling sulit untuk dievaluasi dari investasi proyek adalah alokasi risiko selama konstruksi dan kemampuan pengembang untuk melakukan penyelesaian proyek sesuai anggaran dan jadwal, dan pada tingkat kualitas untuk memenuhi spesifikasi kinerja.

**Prinsip-prinsip alokasi risiko** selama pengembangan proyek adalah:

- » Risiko kinerja dapat ditanggung oleh pemasok peralatan dengan tepat
- » Biaya dan kualitas dapat ditanggung oleh kontraktor sipil.
- » Desain dan kecukupan struktur adalah tanggung jawab ahli
- » Risiko bencana yang mungkin terjadi dapat dilindungi dengan asuransi
- » Risiko ketersediaan air dan kepatuhan dapat ditanggung oleh pemilik/ pengembang.

---

# 5.7

## ALOKASI RISIKO UNTUK PROYEK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MINI HYDRO

---

Risiko proyek ini dialokasikan melalui kontrak, sehingga mereka yang menyediakan pembiayaan untuk proyek ini akan bergantung pada kontrak-kontrak tersebut untuk menentukan risiko yang diambil oleh pihak yang mengkontrak (pengembang). Pemilik/pengembang biasanya yang pada akhirnya menanggung risiko pembengkakan biaya dan risiko operasional. Namun, bagian utama dari risiko proyek ada pada tahap konstruksi.

**Kontrak dan perjanjian utama** untuk pelaksanaan proyek adalah:

- » Kontraktor pekerjaan sipil
- » Pemasok peralatan
- » Kemampuan keuangan pemilik dan pengaturan modal
- » Asuransi
- » PPA dengan PLN
- » Kontrak lahan
- » Insinyur
- » Pemerintah setempat dan izin

Sering dikatakan bahwa risiko harus dialokasikan kepada pihak yang berada dalam posisi terbaik untuk menerima, mengelola dan mengurangnya. Tapi harus dipertimbangkan apakah pihak ini benar-benar dapat mengurangi risiko minimal atau setidaknya dengan biaya yang wajar.

**Prinsip-prinsip berikut** harus diperhitungkan ketika mengalokasikan risiko kepada pihak yang diberikan. Apakah pihak ini:

- » Telah menyadari sepenuhnya risiko yang diambilnya?
- » Kapasitas terbaik (keahlian dan kewenangan) untuk mengelola risiko secara efektif dan efisien (dan dengan demikian mengenakan biaya premi risiko terendah)?
- » Kemampuan dan sumber daya untuk mengatasi risiko jika peristiwa risiko terjadi?
- » Keinginan menerima risiko?
- » Telah diberi kesempatan untuk mengenakan premi yang sesuai untuk mengambil risiko itu?

Tidak ada matriks alokasi risiko tunggal untuk proyek pembangkit listrik tenaga air. Matriks risiko bervariasi tergantung pada faktor-faktor seperti kebijakan dan peraturan yang berlaku, pasar listrik, dan juga kesediaan memikul risiko dari para pemangku kepentingan terkait dalam proyek tersebut.

Seperti ditunjukkan dalam **Tabel 7**, alokasi risiko untuk pengembangan pembangkit listrik tenaga mini hydro di Indonesia berbeda dengan praktik-praktik internasional yang umum dalam beberapa hal penting. Misalnya, untuk proyek pembangkit listrik tenaga mini hydro di Indonesia, perusahaan proyek menanggung risiko berikut, sedangkan di negara lain resiko tersebut kadang-kadang dialokasikan kepada pihak lain:

- » Defisit hidrologi jangka panjang dan pendek
- » Pembebasan lahan/pengurusan, karena hal ini dibiarkan begitu saja pada pengembang
- » Transmisi, karena PLN tidak berkewajiban untuk memberikan kompensasi pada perusahaan proyek untuk setiap penjualan terdahulu karena kerusakan transmisi atau sistem
- » Permintaan pasar, karena PPA tidak bersifat take- or-pay
- » Kewajiban pembeli tidak dijamin oleh pemerintah
- » Semua risiko keuangan, karena tarif beli tidak mengakomodasi kenaikan harga atau penyesuaian kecuali untuk membentuk trajektori tarif untuk menghasilkan harga yang disamaratakan yang sama

————— **TABEL 7** —————  
**MATRIKS ALOKASI RISIKO UNTUK PROYEK PEMBANGKIT  
 LISTRIK TENAGA MINI HYDRO DI INDONESIA**  
 .....

PERISTIWA	DAMPAK POTENSIAL	ALOKASI						OPSI PENANGGULANGAN	
		PEMILIK PROYEK	PEMBERI	KONTRAKTOR	PLN/PEMBELI	ASURANSI	PEMERINTAH		
<b>FASE PENGEMBANGAN</b>									
1	Parameter utama dari desain dan rekayasa tidak ditetapkan atau tidak sesuai dengan kontrak proyek lainnya, terutama PPA dan kontrak konstruksi	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Perselisihan kontrak antara pemilik proyek, kontraktor dan kemudian dengan pemberi pinjaman, pembeli jika masalah tersebut tidak ditangani</li> <li>» Keputusan investasi yang tidak efisien karena salah proyeksi keuangan</li> </ul>	●						<ul style="list-style-type: none"> <li>» Detail desain dan lingkup pekerjaan harus diselesaikan dalam kerangka dan jadwal yang disepakati untuk menghindari tambahan biaya desain dan konstruksi</li> <li>» Perubahan dalam lingkup keseluruhan proyek harus dihindari</li> </ul>
2	Tidak ada akses ke lokasi proyek	Peningkatan biaya untuk menyelesaikannya	●						<ul style="list-style-type: none"> <li>» Penelitian menyeluruh selama tahap perencanaan. Pemberi pinjaman perlu mengunjungi lokasi untuk verifikasi fisik</li> <li>» Bangun akses ke lokasi harus menjadi bagian dari pekerjaan kontrak sebelum mobilisasi</li> </ul>



PERISTIWA	DAMPAK POTENSIAL	ALOKASI						OPSI PENANGGULANGAN
		PEMILIK PROYEK	PEMBERI	KONTRAKTOR	PLN/PEMBELI	ASURANSI	PEMERINTAH	
<b>FASE PENGEMBANGAN</b>								
3	Pengembang tidak dapat memperoleh hak atas tanah atau ada tumpang tindih hak atas tanah	Proyek tertunda atau tidak dilanjutkan	●					<ul style="list-style-type: none"> <li>» Periksa status lahan lokasi</li> <li>» Periksa apakah lokasi tersebut terdaftar sebagai warisan budaya</li> </ul>
4	Pengembang tidak bisa mendapatkan hak penggunaan air	Proyek tidak dilanjutkan	●					<p>Periksa dengan Dinas Pekerjaan Umum</p> <p>Catatan : Sebagian besar yurisdiksi tampaknya tidak memiliki sistem untuk menjamin hak-hak, sehingga meskipun hak air telah diperoleh oleh pengembang, pengguna lain mungkin juga diberikan hak secara tumpang-tindih di masa yang akan datang</p>
5	Pengembang tidak bisa mendapatkan hak penggunaan hutan	Proyek tidak dilanjutkan	●					Periksa dengan Kementerian Kehutanan
6	Pengembang tidak bisa mendapatkan lokasi atau izin usaha dari otoritas pemerintah yang berwenang	Proyek tidak dilanjutkan	●					Periksa dengan otoritas pemerintah yang berwenang
7	Resistensi masyarakat lokal terhadap proyek pembangkit listrik tenaga air	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Proyek tidak dapat dilanjutkan, atau dilanjutkan dengan lingkup yang berkurang, atau tertunda.</li> <li>» Kerusuhan sipil</li> </ul>	●					Pemilik proyek harus berkonsultasi dengan masyarakat dan melakukan kegiatan tanggung jawab sosial perusahaan
8	Pengembang tidak bisa mendapatkan persetujuan lingkungan dari otoritas pemerintah yang berwenang	Proyek tidak diteruskan	●					Lakukan penilaian dampak lingkungan menyeluruh

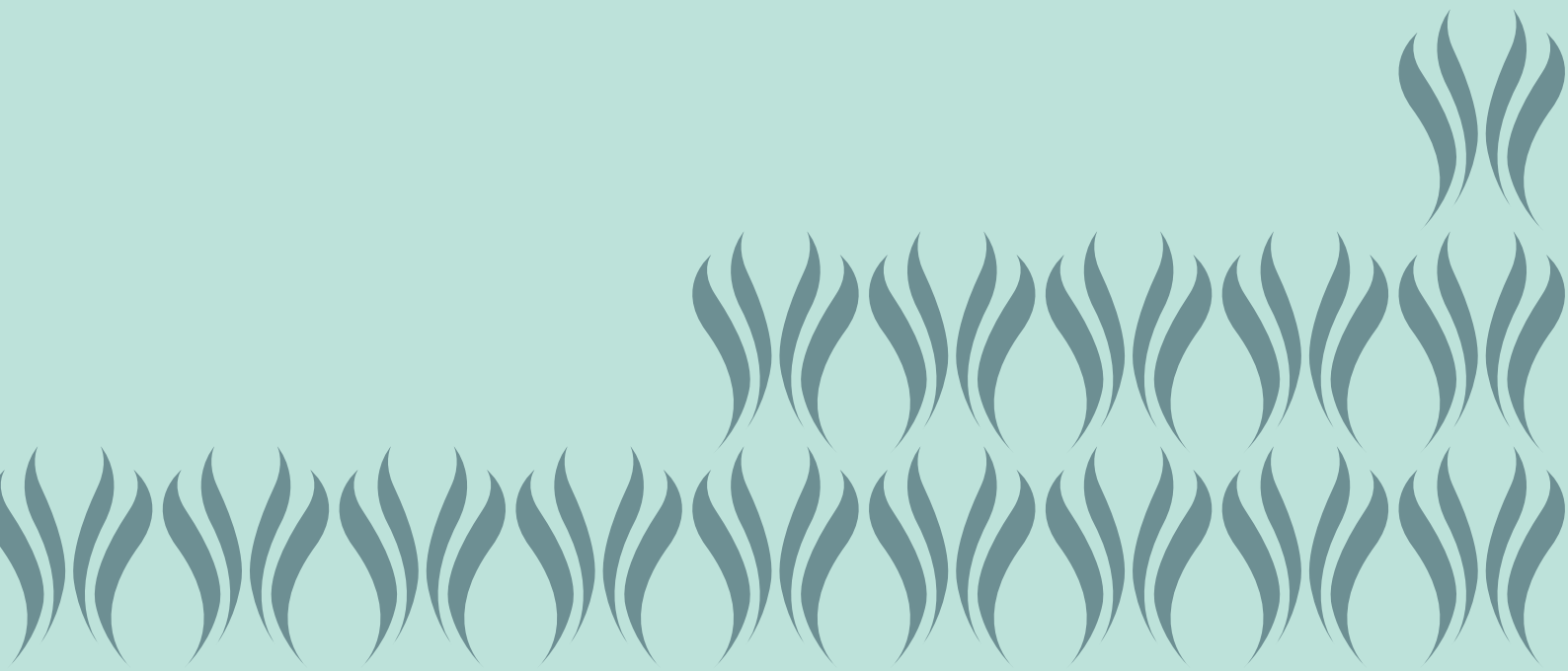
PERISTIWA	DAMPAK POTENSIAL	ALOKASI						OPSI PENANGGULANGAN	
		PEMILIK PROYEK	PEMBERI	KONTRAKTOR	PLN/PEMBELI	ASURANSI	PEMERINTAH		
<b>FASE PENGEMBANGAN</b>									
9	Pengembang tidak bisa atau tidak memberikan modal yang cukup untuk pengembangan proyek	Proyek diblokir dan proyek tidak diteruskan	●					●	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Kembangkan rencana pendanaan modal di awal</li> <li>» Bekerja dengan pengembang yang memiliki pendanaan yang baik</li> </ul>
10	Pengembang tidak dapat mencapai pemenuhan pembiayaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Proyek tidak diteruskan.</li> <li>» Lokasi proyek diblokir</li> </ul>	●					●	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Ekonomi proyek harus kuat dan cukup kuat untuk menarik pembiayaan</li> <li>» Pemerintah dapat memberikan insentif fiskal maupun non - fiskal untuk membuat proyek laik pembiayaan</li> </ul>
11	Pengembang tidak dapat mencari ahli yang kompeten untuk studi kelayakan atau studi kelayakan tidak lengkap	Proyek tidak dapat dilanjutkan secara tepat waktu, atau lebih mahal atau kinerjanya buruk	●					●	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Persiapan tepat waktu untuk pengadaan ahli</li> <li>» Kumpulkan informasi mengenai kualitas ahli</li> </ul>
12	Pengembang tidak dapat mencari kontraktor yang kompeten atau vendor lain	Proyek tidak dapat dilanjutkan, atau menghadapi masalah biaya dan kinerja	●					●	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Persiapan tepat waktu untuk pengadaan kontraktor</li> <li>» Kumpulkan informasi mengenai kontraktor yang berkualitas</li> </ul>
<b>FASE KONSTRUKSI</b>									
13	Eskalasi biaya proyek pada kegiatan konstruksi	Proyek tidak diteruskan karena pengembang tidak mampu bertahan karena kenaikan harga	●		●				<ul style="list-style-type: none"> <li>» Kontrak harus dalam bersifat lump sum dengan kontraktor konstruksi atau pemasok lain untuk memasukkan risiko kenaikan harga selama konstruks</li> <li>» Pilihan lain (meskipun bukan solusi terbaik) : persiapkan pembiayaan cadangan</li> </ul> <p>Catatan : Masalah ini harus diatur dengan baik dalam kontrak</p>

PERISTIWA	DAMPAK POTENSIAL	ALOKASI						OPSI PENANGGULANGAN
		PEMILIK PROYEK	PEMBERI	KONTRAKTOR	PLN/PEMBELI	ASURANSI	PEMERINTAH	
<b>FASE KONSTRUKSI</b>								
14	Eskalasi biaya proyek karena kenaikan biaya asuransi, pembiayaan atau kurs	Proyek tidak diteruskan karena pengembang tidak mampu menahan kenaikan harga	●					<ul style="list-style-type: none"> <li>» Renegosiasi PPA dengan PLN (tetapi membutuhkan waktu dan biaya tambahan)</li> <li>» Siapkan pembiayaan cadangan; jaminan penyelesaian proyek secara keseluruhan ditambah anggaran yang realistis dengan tunjangan kontinjensi yang memadai.</li> </ul>
15	Eskalasi biaya proyek karena perubahan pemilik proyek	Proyek tidak diteruskan karena pengembang tidak mampu menahan kenaikan harga	●					<ul style="list-style-type: none"> <li>» Siapkan pembiayaan cadangan</li> <li>» Minimalkan potensi perintah perubahan yang sah dengan perencanaan dan pembuatan kontrak yang tepat</li> </ul>
16	Keterlambatan konstruksi (termasuk karena keadaan kahar)	Keterlambatan proyek dan / atau pembengkakan biaya	●		●		●	<p>Jika penundaan ini disebabkan oleh kontraktor atau pemasok, kontraktor atau pemasok membayar penalti kepada pemilik proyek.</p> <p>Catatan : kontraktor dan pemasok biasanya mengurangi risiko dengan mengatur asuransi yang sesuai</p>
17	Penundaan konstruksi karena kondisi sub - permukaan atau kondisi geoteknik	Keterlambatan proyek, peningkatan biaya	●		●		●	Lakukan studi lokasi yang tepat yang meliputi pengumpulan data geoteknik yang akan memaksimalkan risiko pada kontraktor dan meminimalkan risiko pada pengembang.
18	Konstruksi, instalasi cacat: kegagalan fasilitas untuk memenuhi spesifikasi kinerja saat uji penyelesaian	Fasilitas tidak dapat mencapai kekuatan penuh atau menghasilkan kapasitas produksi yang dijamin	●		●			<ul style="list-style-type: none"> <li>» Idealnya, pemilik proyek harus mengalihkan risiko ini kepada kontraktor konstruksi atau pemasok yang memberikan jaminan untuk kinerja, atau membayar denda</li> <li>» Desain ulang dan penggantian oleh kontraktor / pemasok berdasarkan klausul jaminan</li> <li>» Pengawasan oleh ahli pemilik untuk meminimalkan potensi kegagalan</li> </ul>

PERISTIWA	DAMPAK POTENSIAL	ALOKASI						OPSI PENANGGULANGAN
		PEMILIK PROYEK	PEMBERI	KONTRAKTOR	PLN/PEMBELI	ASURANSI	PEMERINTAH	
<b>FASE KONSTRUKSI</b>								
19	Sambungan ke jalur listrik tidak tersedia saat pembangkit listrik siap beroperasi	Proyek tidak dapat beroperasi	●					Transmisi dan interkoneksi adalah tanggung jawab perusahaan proyek. Lakukan pemeriksaan menyeluruh pada fasilitas transmisi
20	Biaya sambungan ke jalur listrik mengancam kelangsungan proyek	Proyek tidak dapat beroperasi	●					Masukkan biaya transmisi dan interkoneksi yang memadai dalam tarif. Risiko ini harus diminimalkan dengan melakukan perencanaan dan membuat kontrak untuk jalur sebelum konstruksi dimulai
21	Kondisi kesehatan dan keselamatan kerja yang tidak aman	Kecelakaan kerja	●		●			<ul style="list-style-type: none"> <li>» Ikuti standar EHS</li> <li>» Laksanakan Audit EHS</li> </ul>
22	Pengembang tidak bisa atau tidak mendanai lokasi proyek	Proyek diblokir dan proyek tidak diteruskan	●					Kembangkan rencana pendanaan modal di awal
<b>FASE OPERASIONAL</b>								
23	Pemadaman daya sementara fasilitas, pengurangan kapasitas sementara karena kegagalan peralatan atau daya yang lebih rendah dari perkiraan	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Proyek berhenti beroperasi, atau beroperasi pada keluaran yang dikurangi</li> <li>» Proyek membutuhkan biaya tambahan untuk perbaikan</li> </ul>	●		●		●	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Setujui jaminan dengan kontraktor / pemasok</li> <li>» Gunakan teknologi yang telah terbukti</li> <li>» Hentikan atau tunda pembayaran dividen</li> </ul>
24	Kegagalan operasional karena kelalaian staf operasi	Proyek berhenti beroperasi, atau beroperasi pada keluaran yang dikurangi	●					Pelatihan dan pengawasan staf di lokasi yang tepat

PERISTIWA	DAMPAK POTENSIAL	ALOKASI						OPSI PENANGGULANGAN	
		PEMILIK PROYEK	PEMBERI	KONTRAKTOR	PLN/PEMBELI	ASURANSI	PEMERINTAH		
<b>FASE OPERASIONAL</b>									
25	Sumber daya air tidak terwujud seperti yang direncanakan, atau terwujud dengan biaya lebih tinggi	Proyek berhenti beroperasi, atau beroperasi pada keluaran yang dikurangi, atau dengan harga yang lebih tinggi	●						Lakukan studi hidrologi menyeluruh di awal tahap evaluasi proyek dan pada tahap uji tuntas
26	Eskalasi biaya operasi karena melebihi perkiraan awal	Sisi ekonomi proyek menjadi merugikan	●						<ul style="list-style-type: none"> <li>» Tunda atau kurangi pembayaran dividen</li> <li>» Negosiasi ulang PPA dengan pembeli (tetapi membutuhkan waktu dan biaya tambahan karena akan melampaui tarif beli)</li> </ul>
27	Pembeli gagal untuk menyerap daya dari proyek	Proyek tidak beroperasi, atau beroperasi kurang dari kapasitas penuh	●						<ul style="list-style-type: none"> <li>» Pengembang harus mempertimbangkan bahwa tidak ada ketentuan take or pay dalam PPA pembangkit listrik tenaga air kecil saat ini</li> <li>» Batasan transmisi harus dipertimbangkan sebelum pembiayaan penutup</li> </ul>
28	Pembeli gagal membayar	Pemilik proyek gagal menerima pendapatan dan menutup proyek			●				Lakukan pemeriksaan menyeluruh terhadap kekuatan keuangan pembeli
29	Pengembang menyerahkan proyek kepada pihak ketiga		●						Kemampuan untuk menjual proyek tersebut harus dibahas dalam dokumen pembiayaan
30	Kondisi kesehatan dan keselamatan kerja yang tidak aman		●		●		●		<ul style="list-style-type: none"> <li>» Ikuti standar EHS</li> <li>» Laksanakan Audit EHS</li> </ul>

PERISTIWA	DAMPAK POTENSIAL	ALOKASI						OPSI PENANGGULANGAN
		PEMILIK PROYEK	PEMBERI	KONTRAKTOR	PLN/PEMBELI	ASURANSI	PEMERINTAH	
<b>RISIKO EKSTERNAL</b>								
31	Fasilitas menghadapi keadaan kahar alami	Proyek menunda operasi atau berhenti beroperasi	●			●	●	<ul style="list-style-type: none"> <li>» PPA harus mencakup klausul perpanjangan waktu untuk menutupi keterlambatan</li> <li>» Asuransikan beberapa risiko</li> </ul>
32	Peristiwa politik, pengambilalihan, nasionalisasi	Proyek menunda operasi atau pengembang terkena dampak secara negatif	●				●	Atur asuransi risiko politik
33	Perubahan dalam hukum, termasuk	Proyek menjadi kurang menguntungkan	●			●		Advokasi melalui kelompok-kelompok kepentingan yang relevan
34	Eskalasi harga karena inflasi	Proyek dapat menjadi tidak ekonomis dan karena itu tidak berkelanjutan	●					<p>Negosiasi ulang PPA dengan PLN (ini membutuhkan waktu dan biaya tambahan).</p> <p>Catatan : proyek pembangkit listrik tenaga air tidak begitu terpengaruh oleh inflasi karena biaya operasi yang rendah</p>
35	Tidak ada permintaan daya listrik	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Pembeli tidak mengambil daya listrik dari pembangkit listrik, sebagian atau seluruhnya</li> <li>» Operasi pembangkit listrik terganggu atau berhenti</li> </ul>	●					Karena tarif yang dibayar hanya bila ada penyerahan, pemilik proyek mengambil risiko




**BUKU PEDOMAN ENERGI BERSIH**



# 6

## LISTRIK TENAGA BIOGAS

Penanganan limbah organik melalui sistem pencernaan anaerobik memungkinkan materi organik untuk terurai menjadi biogas, yaitu sumber tenaga, sekaligus mengurangi potensi pencemaran dari limbah tersebut. Gas diproduksi oleh pembusukan bakteri, penguapan, dan reaksi kimia yang berlangsung pada material limbah.





---

# 6.1

## GAMBARAN UMUM

---

Pencernaan Anaerobik (AD). Pencernaan anaerobik adalah fermentasi dari substrasi yang terurai secara biologis yang ramah lingkungan (biomassa, pupuk kandang, limbah rumah tangga, limbah perkotaan, limbah alami, material pabrik, dan tanaman) dalam ketidakadaan oksigen. Karakteristik khusus substrat, temperatur saat proses AD, dan waktu penyimpanan substrat dalam digester memiliki pengaruh yang besar kepada jumlah biogas yang diproduksi. Produk dari pencernaan anaerobik adalah biogas (yang termasuk persenyawaan yang berbeda) dan hasil pencernaan atau endapan. Nilai utama dari biogas adalah kandungan energinya dan nilai dari endapan ditunjukkan dengan tingginya kandungan nutrisi didalamnya.

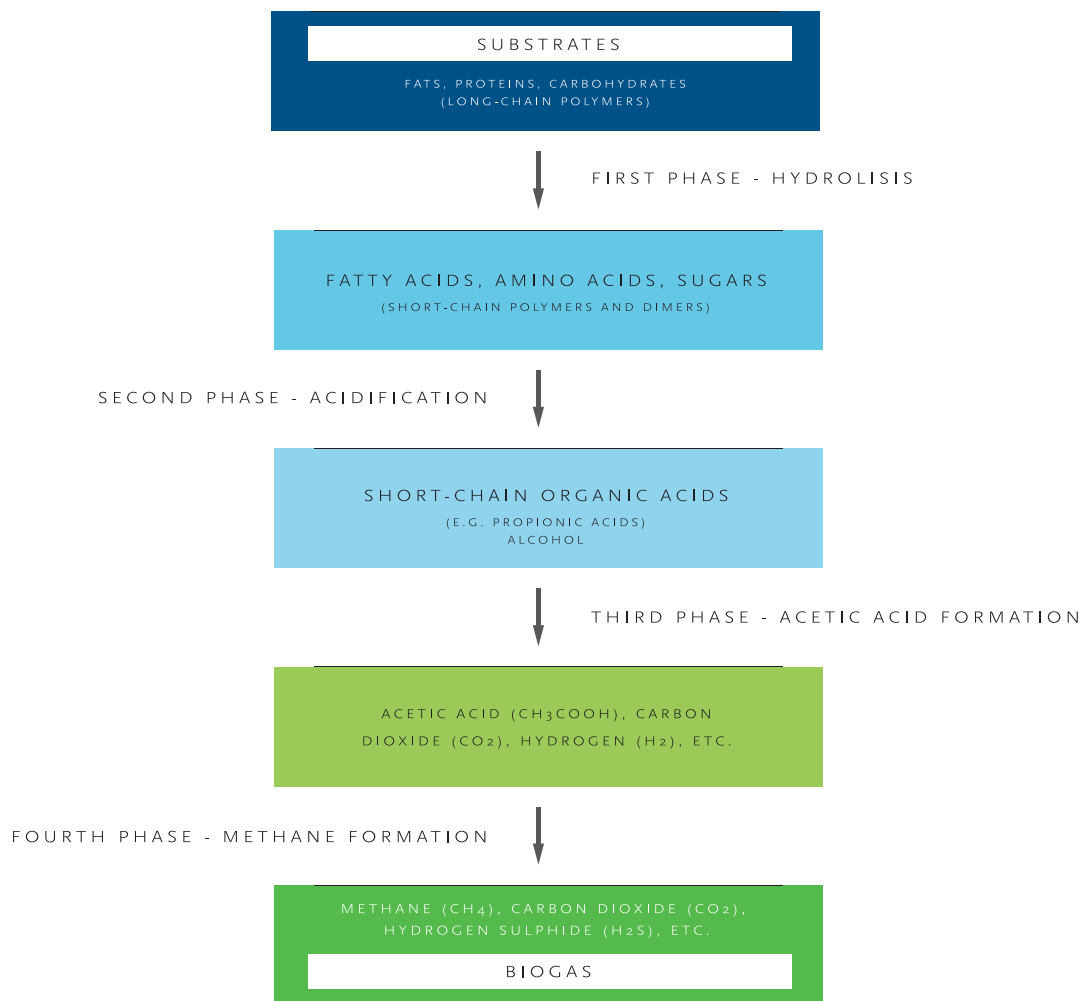
Biogas adalah campuran dari bermacam gas yang terbentuk selama proses pencernaan anaerobik dari bahan organik. Unsur pokoknya adalah metana (CH<sub>4</sub>), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), oksigen (O<sub>2</sub>), nitrogen (N<sub>2</sub>), hidrogensulfida (H<sub>2</sub>S), air (H<sub>2</sub>O) dan persenyawaan organik lainnya. Masing-masing memiliki konsentrasi yang bervariasi tergantung dari jenis material yang sedang dicerna. **Gambar 33** menjelaskan perbedaan tahapan-tahapan dalam penguraian organik yang mengarah kepada produksi biogas. Metana adalah gas rumah kaca yang kuat (mis. mengurung panas); gas ini 21 kali lebih berbahaya dalam merusak lapisan ozon dibandingkan dengan karbon dioksida. Jadi, dianjurkan untuk mengurung dan menghancurkan gas ini agar dapat meminimalkan dampak tersebut.

Proses produksi biogas memiliki **empat tahapan**:

1. **Hidrolisis** : dimana substrat organik mengandung proporsi yang berbeda-beda dari lemak, protein dan karbohidrat dihidrolisasi menjadi dimer dan polimer rantai pendek (asam lemak, asam amino dan gula); hal ini biasanya yang menjadi batasan tahapan dalam sistem AD.
2. **Pengasaman** : dimana dimer dan polimer rantai pendek dirubah oleh bakteri menjadi asam organik rantai-pendek atau asam lemak yang mudah menguap.
3. **Pembentukan asam asetat** : dimana alkohol dan asam lemak yang mudah menguap dirubah menjadi asam asetik, asam asetat, CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>.
4. **Pembentukan metana** : dimana *archae methanogens* memproduksi metana.

Jumlah dari biogas yang dapat dibuat di dalam fasilitas yang ditentukan tergantung kepada beberapa variabel, dimana masing-masing memainkan peran penting dalam proses. Salah satu variabel yang paling penting adalah material organik yang dibutuhkan untuk memproduksi biogas, khususnya material organik padat yang mudah menguap, yang juga dikenal dengan "VS"/*Volatile Solid* (padatan mudah menguap). Permintaan Oksigen Kimia / *Chemical Oxygen Demand* (COD) adalah cara lain untuk mengukur konsentrasi material organik di dalam substrat; keduanya harus dievaluasi saat menentukan potensi energi untuk masing-masing proyek. Kandungannya memberikan kontribusi yang besar kepada volume potensial biogas di dalam fasilitas digester anaerobik yang ditentukan.

————— **GAMBAR 33** —————  
**PROSES PRODUKSI BIOGAS**



Hidrogen sulfida dan siloxane dianggap sebagai ketidakmurnian dikarenakan mereka membahayakan keseluruhan operasi biogas, khususnya terhadap peralatan mekanis. Seringkali, konsentrasi hidrogen sulfida yang ditemukan dalam biogas mentah lebih tinggi dari batas yang dapat diterima oleh sebagian besar peralatan. Pembuangan hidrogen sulfida merupakan hal yang penting karena ketidakmurniannya dapat merusak bagian-bagian logam yang bersentuhan dengan biogas, seperti mesin pembakaran internal.

Tidak seperti hidrogen sulfida, siloxane pada umumnya ditemukan dalam jumlah yang signifikan hanya pada digester yang mengolah limbah cair perkotaan atau pada landfill. Pembakaran biogas menggunakan siloxanes menghasilkan partikel yang sangat mirip dengan pasir yang disebut silikon dioksida; hal ini dapat menyebabkan kerusakan yang signifikan pada turbin dan motor penggerak lainnya. Semakin tingginya konsentrasi siloxane di dalam sistem ini disebabkan oleh kehadiran limbah tertentu yang ditemukan di dalam material sumber seperti sabun dan detergen. Hal tersebut merupakan bahan pencemar yang biasa terdapat di landfill. Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (POME) dan digester yang didasarkan kepada bidang pertanian tidak diharapkan untuk memiliki jumlah siloxane yang signifikan.

**Tabel 8** menunjukkan kisaran konsentrasi khusus dari masing-masing unsur pokok yang terdapat dalam biogas. Penting kiranya untuk memperhatikan besaran kisaran dalam gambar ini. Banyak faktor yang mempengaruhi konsentrasi biogas yang dihasilkan, termasuk tingkat pemuatan organik, tingkat basa, dan perubahan temperatur. Bahkan perbedaan kecil dalam konsentrasi unsur pokok biogas dapat memberikan dampak yang besar terhadap rancangan, operasi dan analisis ekonomi yang dihasilkan atau kinerja ekonomi dari sistem ini. Ramifikasi yang memiliki potensi besar termasuk dampak terhadap nilai pemanasan atau kandungan batu dari biogas mentah dan persyaratan pembersihan gas untuk penggunaan akhir biogas.

————— **TABEL 8** —————  
**KOMPOSISI BIOGAS**  
 .....

ELEMEN	FORMULA	KONSENTRASI (% VOL)
Metana	CH <sub>4</sub>	50-75
Karbon dioksida	CO <sub>2</sub>	25-45
Uap air	H <sub>2</sub> O	2-7
Oksigen	O <sub>2</sub>	< 2
Nitrogen	N <sub>2</sub>	< 2
Hidrogen sulfida	H <sub>2</sub> S	< 2
Amonia	NH <sub>3</sub>	< 1
Hidrogen	H <sub>2</sub>	< 1

Penggunaan aliran limbah organik dari sektor yang berbeda dalam sistem pencernaan anaerobik memiliki beberapa kelebihan, sebagaimana ditunjukkan dalam **Tabel 9**.

————— **TABEL 9** —————  
**KELEBIHAN DARI PENCERNAAN ANAEROBIK**  
 .....

<b>Sudut pandang Energi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Meningkatkan kapasitas produksi energi bersih di dalam negeri</li> <li>» Membantu perpindahan matriks energi nasional ke sumber energi terbarukan</li> <li>» Menyediakan pasokan pemikul beban dasar energi yang stabil</li> </ul>
<b>Sudut pandang Sosial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Meningkatkan mata pencaharian di daerah pedesaan dan daerah tertinggal</li> <li>» Berpotensi untuk menghasilkan pendapatan untuk menyesuaikan biaya melalui penggunaan biogas dan penjualan kredit karbon</li> <li>» Menyediakan pupuk organik (tergantung dari jenis limbah)</li> <li>» Mengendalikan bau busuk</li> </ul>
<b>Sudut pandang Lingkungan</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Menyediakan manfaat bagi lingkungan dan kebersihan</li> <li>» Mengurangi pencemaran air</li> <li>» Mengurangi penggundulan hutan dengan menggantikan sumber energi yang menggunakan kayu.</li> <li>» Mengurangi emisi gas metana kedalam atmosfer</li> <li>» Memungkinkan pengolahan limbah organik yang sangat tinggi bahan pencemarnya</li> </ul>

---

# 6.2

## SEKTOR UTAMA PRODUKSI BIOGAS

---

Sektor yang paling banyak memiliki potensi untuk memproduksi biogas adalah pertanian, limbah cair dan limbah perkotaan. Sektor-sektor ini menyediakan substrat yang cocok untuk digester anaerobik, baik dalam karakteristik dan tingkat pasokan keduanya memungkinkan untuk menjalankan sistem AD secara teknis dan kinerja ekonomis.

- » **Sektor Pertanian**  
Sektor pertanian termasuk limbah dari fasilitas produksi ternak seperti babi, sapi dan budidaya sapi perah, dan aliran limbah dari operasional agro industri seperti kilang minyak kelapa sawit, pabrik pengolahan tepung tapioka, fasilitas pengolahan susu, penyulingan, rumah potong hewan dan fasilitas pemrosesan makanan lainnya.
- » **Sektor Limbah Cair**  
Sektor ini termasuk limbah cair perkotaan, baik yang dapat secara langsung diolah oleh sistem AD, atau endapan yang berasal dari endapan pabrik yang diaktifkan untuk dicerna secara terpisah dari proses ini.
- » **Sektor Limbah Padat Perkotaan**  
Tergantung dari kasusnya, limbah padat perkotaan dapat memiliki kandungan organik yang signifikan (15-35%) dimana hal tersebut dapat diolah dengan sistem AD. Biogas dapat ditangkap baik melalui landfill yang sudah ada menggunakan sumur-sumur untuk memperoleh gas, atau dari bagian organik limbah perkotaan yang dapat diolah secara terpisah dalam sistem AD (umumnya menggunakan teknologi yang disebut pencernaan padat tinggi) daripada masuk ke dalam landfill.

Bahkan ketika proses pencernaan anaerobik berhasil mengurangi muatan organik dari substrat yang digunakan, pada sebagian besar peristiwa pengolahan tambahan dibutuhkan untuk menyesuaikan dengan peraturan setempat. Seperti pada kasus pusat pengolahan limbah cair yang memerlukan pengendapan tambahan, klarifikasi atau proses aerasi sebagai tambahan untuk sistem pencernaan anaerobik.

Sebagaimana ditunjukkan dalam **Tabel 10**, dan dengan memperhatikan terbatasnya jumlah proyek biogas yang beroperasi pada saat ini, terdapat potensi yang signifikan untuk mengurangi emisi gas metana pada industri minyak sawit di Indonesia. Hal yang sama juga dapat dikatakan untuk limbah padat perkotaan (MSW), berbagai kesempatan kini sedang dieksplorasi untuk menggunakan sumber energi yang tersedia yang berasal dari sektor ini, diwaktu yang sama dilakukan usaha-usaha untuk meningkatkan kualitas pengolahan limbah, terutama di kota-kota yang lebih besar.

————— TABEL 10 —————  
**PENGURANGAN EMISI GAS METANA YANG  
 BERHUBUNGAN DENGAN PENGOLAHAN POME AD**  
 .....

PARAMETER	MINYAK SAWIT	ASUMSI UNTUK INDONESIA
P (ton/tahun)	22,500,000	Estimasi 2011
% dalam danau	80%	Asumsi berdasarkan pada WMS
COD (kg/m <sup>3</sup> )	50	(Hayasi, 2007)
W (m <sup>3</sup> /ton)	2.4	Pome/minyak sawit mentah (Hayasi, 2007)
Bo (kg CH <sub>4</sub> /kg COD)	0.25	Nilai dasar IPCC
MCF	0.8	Nilai dasar IPCC untuk danau anaerobik dalam
<b>Pengurangan langsung emisi metana</b>		
CH <sub>4</sub> (ton/tahun)	432,000	$CH_4 = P \times \% \text{ lagoon} \times W \times COD \times Bo \times MCF$
CO <sub>2</sub> e (ton/tahun)	9,072,000	Assume CH <sub>4</sub> GWP of 21
<b>Pengurangan tidak langsung emisi melalui penggantian bahan bakar</b>		
CH <sub>4</sub> (m <sup>3</sup> /tahun)	644,776,119	Asumsikan kepadatan CH <sub>4</sub> = 0,67 kg CH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>
CO <sub>2</sub> e (ton/tahun)	1,293,086	Asumsikan untuk mengganti listrik dari jaringan
<b>Total potensi pengurangan emisi</b>		
CO <sub>2</sub> e (ton/tahun)	10,365,086	

---

# 6.3

## ASPEK PENTING DALAM PENGEMBANGAN PROYEK BIOGAS

---

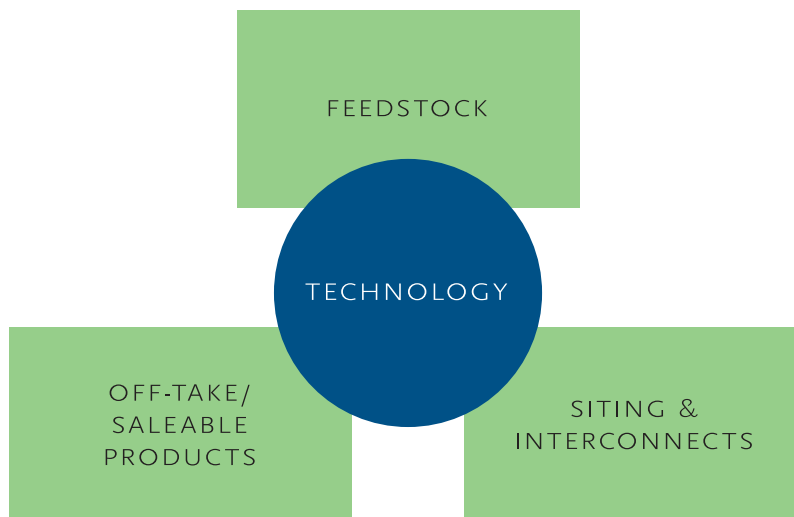
Analisis pendahuluan untuk pengembangan proyek biogas didasarkan pada **tiga pilar**:

1. Bahan baku
2. Perjanjian pembelian
3. Penetapan lokasi dan interkoneksi

Masing-masing dari pilar-pilar tersebut sangatlah penting demi kesinambungan proyek, bahkan sebelum laporan keuangan dianalisis secara mendalam. Proyek tidak akan berhasil bila ada salah satu dari pilar-pilar tersebut yang gagal dijalankan. Proses pemilihan teknologi akan mempertimbangkan semua variabel dan kondisi saat ini dari sistem yang akan mempengaruhi keseluruhan tiga pilar tersebut.

————— *GAMBAR 34* —————  
PILAR-PILAR UNTUK  
PENGEMBANGAN PROYEK BIOGAS

---



### 6.3.1 // BAHAN BAKU

Bahan baku akan menjadi “bahan bakar” bagi pembangkit listrik tenaga biogas, jadi penting kiranya untuk dipahami ketersediaan dan karakteristiknya untuk mengukur keseluruhan sistem dengan tepat dan menentukan hasil akhir yang diharapkan. Variabel paling penting yang dibutuhkan untuk penggolongan karakteristik adalah:

- » **Kuantitas**  
Penentuan atau perkiraan yang tepat dari kuantitas bahan baku yang tersedia sepanjang tahun; pada tahap ini kondisi musiman merupakan faktor yang penting untuk diperhatikan. Penentuan ini haruslah dibuat berdasarkan informasi sejarah yang dapat diandalkan dan pelaksanaan operasional saat ini dan anggapan-anggapan yang sejalan dengan rencana produksi di masa yang akan datang.
- » **Kualitas**  
Karakteristik dari bahan baku perlu untuk ditentukan selengkap mungkin. Hal ini akan menjadi sangat penting agar dapat menerapkan secara tepat rancangan dari sistem yang diajukan. Perbedaan biologis dan kimiawi-fisik dan kondisi-kondisi akan berakibat pada tingkatan produksi biogas yang berbeda. Sebagai tambahan, kualitas bahan baku akan memiliki dampak langsung terhadap jenis teknologi dan peralatan yang akan dipilih.

**Tabel 11** menunjukkan contoh-contoh dari beberapa penggolongan parameter pokok untuk POME yang berkaitan dengan pengembangan proyek limbah menjadi biogas. Penggolongan parameter POME memiliki variasi yang luas berbeda dari satu kilang dengan kilang lainnya. Konsentrasi COD dan VS akan memberikan dampak tertinggi terhadap rancangan digester anaerobik dan kinerja ekonomis dari proyek ini. Kilang minyak sawit yang sedang berusaha untuk mengembangkan proyek biogas haruslah menentukan sebuah program penggolongan karakteristik dari POME setiap bulannya, dan untuk menerapkan tingkat yang akurat dari produksi POME sejak dari bongkahan buah segar yang khusus untuk kilang tersebut. Hal ini sangatlah penting dikarenakan produksi musiman dalam sektor ini dan jenis bahan baku semacam ini.

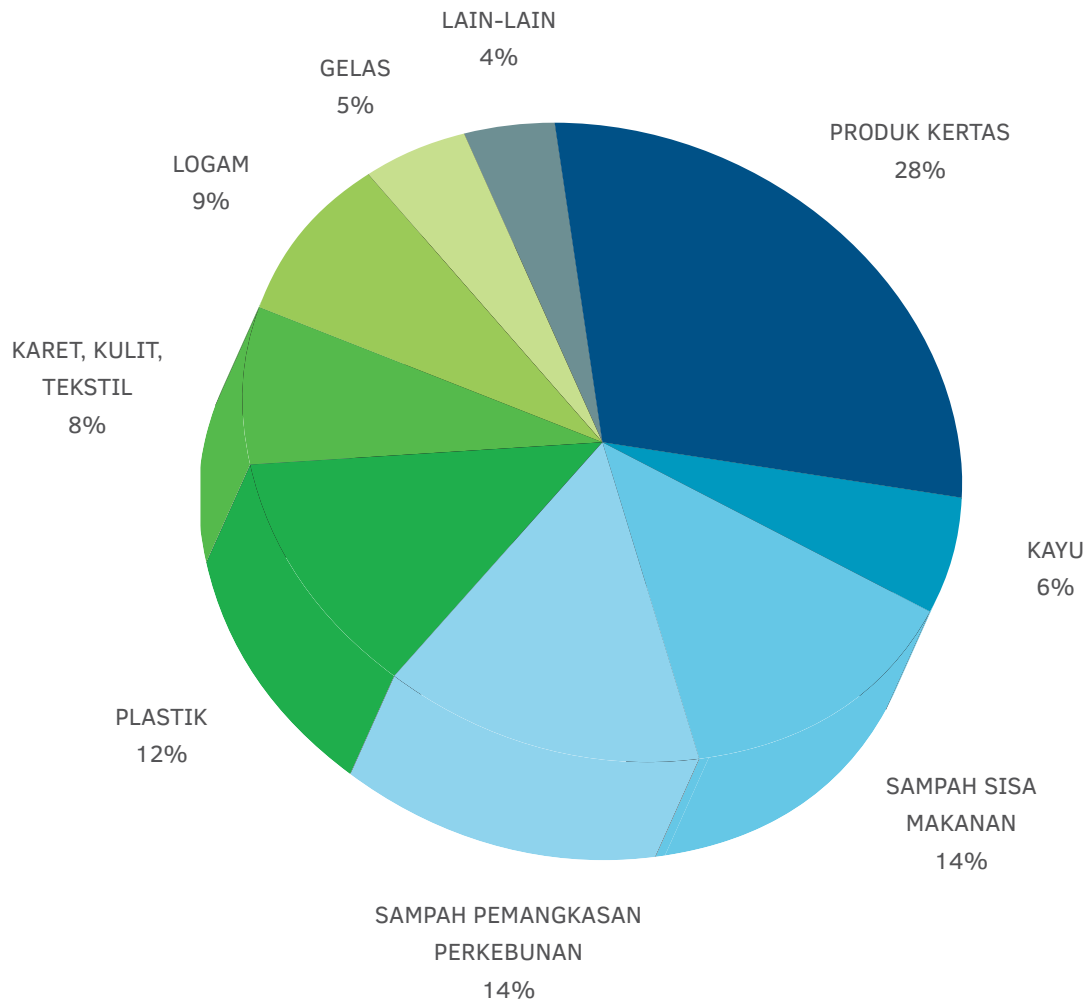
————— **TABEL 11** —————  
**KARAKTERISITIK LIMBAH OLAHAN  
PABRIK KELAPA SAWIT**

NO	PARAMETER	UNIT	LIMBAH CAIR		STANDAR
			KISARAN	RATA-RATA	KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP
1	BOD	mg/l	8200 – 40000	21280	50
2	COD	mg/l	15103 - 80000	34740	100
3	TSS	mg/l	1330 - 50700	31170	150
4	Ammonia (NH <sub>3</sub> -N)	mg/l	12 - 126	41	20
5	Minyak dan Lemak	mg/l	190 - 14720	3075	15
6	pH		3.3 – 4.6	4	6-9

Sumber: Penelitian pengarang & Pedoman Pengelolaan Limbah Industri Sawit, Departemen Pertanian 2006, Permen LH Nomor 3 Tahun 2010.

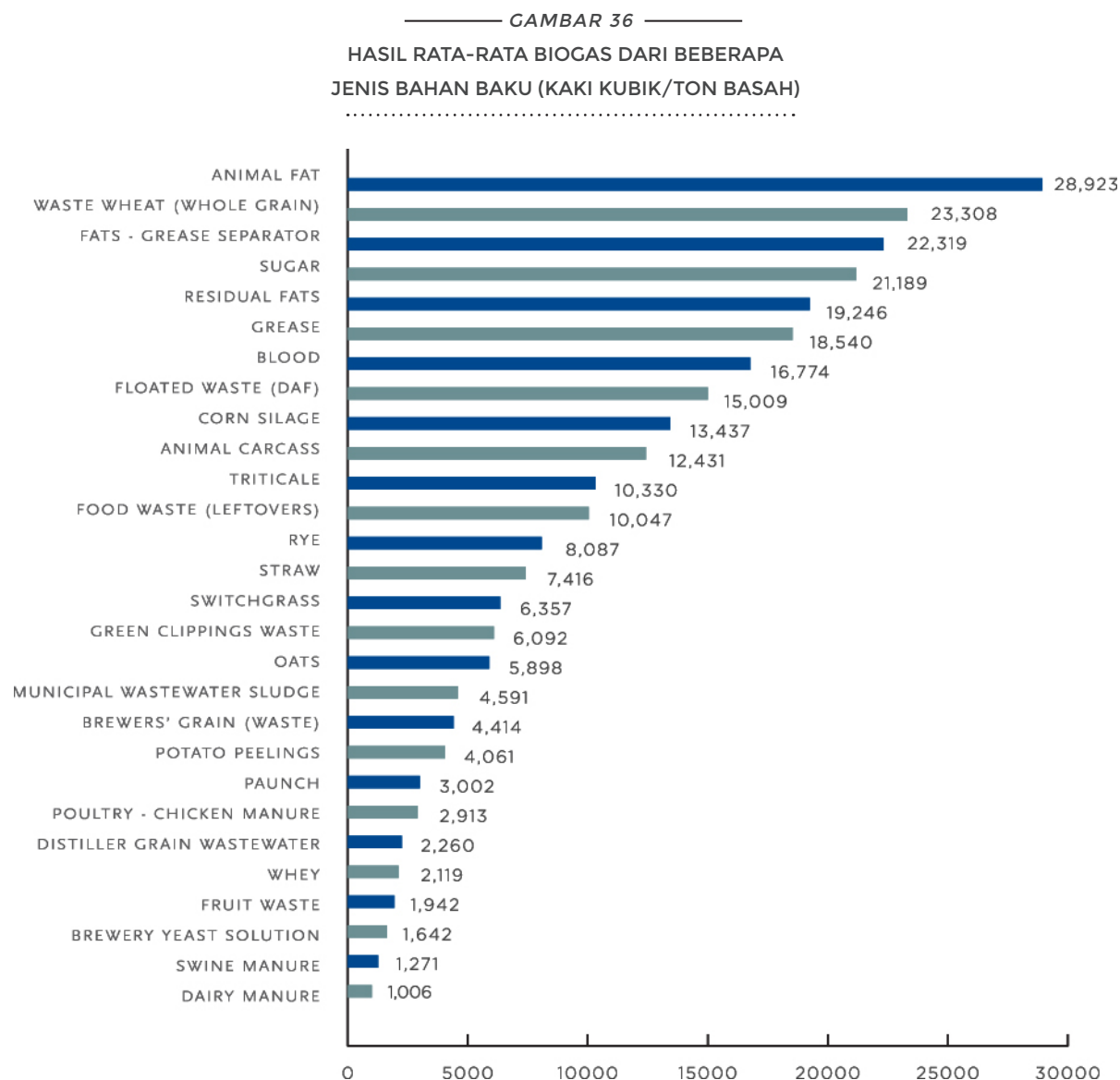
**Gambar 35** menunjukkan, juga sebagai contoh, komposisi dari limbah padat perkotaan di Amerika Serikat. Material organik yang akan dibusukkan mewakili 28% dari total, dalam kasus ini, material tersebut bersumber dari sampah sisa makanan dan sampah pemangkasan perkebunan. Di beberapa lokasi lainnya, persentase bagian ini dapat menjadi lebih tinggi lagi secara signifikan, terutama di iklim yang lebih hangat dimana penyimpanan bahan makanan terbukti lebih sulit. Beberapa dari material-material ini juga dapat didaur ulang (kertas, logam, kaca) menjadi suatu tambahan pemasukan tergantung dari nilai pasar setempat untuk produk-produk tersebut.

————— **GAMBAR 35** —————  
**KOMPOSISI RATA-RATA MSW DI A.S**





Gambar 36 menyajikan gambaran potensi rata-rata untuk beberapa bahan baku.



### 6.3.2 // PEMBELIAN/PRODUK YANG DAPAT DIJUAL

Pilar kedua yang dibutuhkan untuk pengembangan proyek biogas adalah, dalam kalimat yang sederhana, permintaan yang stabil akan produk yang nantinya akan dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga biogas. Permintaan ini terjadi dari pihak yang langsung ataupun tidak langsung melalui sebuah perjanjian untuk membeli/ menggunakan produk tersebut, seringkali disebut “perjanjian pembelian (off-take)”. Beberapa dari produk akhir yang biasanya ditemukan dalam proyek biogas antara lain:

## Energi/bahan bakar dalam bentuk sebagai berikut:

- » **Listrik** - diproduksi oleh mesin pembakaran internal atau turbin yang mana cerobongnya terhubung dengan generator listrik, yang pada umumnya dikenal sebagai co-generation atau unit gabungan panas dan listrik (combined heat and power (CHP), atau sel bahan bakar, dimana tenaga listrik diproduksi dari reaksi kimia antara metana dan oksigen.
  - Sistem tangkapan (penghasil bahan baku = pengguna biogas) - produk akhir ini dapat secara langsung digunakan di dalam fasilitas yang menghasilkan bahan baku, menciptakan sistem tangkapan dan mengurangi energi listrik yang sedang dipasok ke entitas lainnya, biasanya perusahaan penyedia listrik. Dalam kasus ini pendapatan diperoleh dalam bentuk biaya yang dihindari.
  - PPA - Cara lainnya, listrik dapat dijual langsung ke jaringan atau pihak ketiga melalui perjanjian pembelian tenaga listrik yang mana, dalam sebagian besar kasus, diberlakukan melalui perundangan dan peraturan-peraturan. Sebagian besar PPA menentukan harga listriknya sebagai harga pasar atau harga tunai. Dalam kasus di Indonesia, PPA dinegosiasikan dengan PLN dan harga listrik ditentukan dengan menyetujui tarif beli untuk sumber energi terbarukan dan wilayah tertentu.
- » **Panas (Energi Panas)** - diperoleh baik melalui pembakaran biogas secara langsung atau melalui unit kogenerasi yang memanaskan cairan untuk memindahkan panas berlebih ke proses yang bermanfaat lainnya yang berada didekatnya. Energi panas biasanya digunakan untuk menjaga suhu operasional yang sesuai di dalam beberapa digester anaerobik.
  - Biogas dapat digunakan pada sebagian besar boiler gas alam (beberapa diantaranya memerlukan penyesuaian pada peralatannya), menggantikan sumber langsung dari gas alam untuk biogas. Boiler dapat digunakan untuk memanaskan air atau cairan lainnya.
  - Energi panas juga diproduksi saat listrik sedang dihasilkan; tambahan sumber energi ini dapat digunakan secara lokal, yang berpotensi untuk menyesuaikan biaya-biaya yang timbul karena pembelian jenis bahan bakar lainnya, seperti diesel.
  - Peralatan yang digunakan untuk memproduksi listrik juga menghasilkan udara yang panas, yang mana dapat digunakan untuk pemanas udara gedung-gedung atau peralatan penukar panas yang memiliki fungsi beraneka ragam.
  - Biogas dapat juga digunakan untuk menggantikan penggunaan gas alam untuk memasak; hal ini merupakan aplikasi yang diterapkan di banyak daerah pedesaan di negara-negara berkembang.
- » **Gas Alam Terbarukan (RNG)**
  - Biogas dapat ditingkatkan untuk menaikkan konsentrasi metana dan menghasilkan RNG; produk ini memiliki kualitas dan kandungan energi yang sama seperti gas alam.
  - RNG dapat juga dimampatkan untuk menghasilkan gas alam bertekanan (CNG), yang mana dapat digunakan pada beberapa jenis kendaraan sebagai pengganti diesel atau bahan bakar minyak lainnya. Aplikasi ini biasanya memerlukan kompresi gas pada tingkatan yang tinggi, antara 3,000 - 5,000 pounds per inci persegi (square inch (psi)).

- Injeksi jaringan-gas – biogas dapat ditingkatkan (ketidakmurniannya dihilangkan) untuk memperoleh kualitas gas alam yang diperlukan, yang mana membuka kemungkinan untuk menginjeksi RNG kedalam saluran pipa tenaga gas setempat. Sekali saja diinjeksi kedalam saluran pipa, RNG akan dengan mudah mencapai bermacam-macam pasar, termasuk penggunaan gas secara langsung di rumah-rumah dan tempat-tempat usaha, sektor transportasi atau untuk menghasilkan listrik. Dalam kasus-kasus tersebut gas dapat dijual secara langsung kepada jaringan melalui PPA.

**Produk sampingan** - beberapa produk sampingan yang memiliki nilai pasar dapat dihasilkan melalui pembangkit listrik tenaga biogas dan dapat juga berkontribusi kepada aliran pemasukan. Hal ini akan sangat tergantung pada jenis fasilitas yang bersangkutan, permintaan setempat dan teknologi yang dipilih:

- » Material daur ulang – sistem pemilahan atau pemisahan yang sedang dipasang di beberapa daerah dalam rangka untuk mengurangi jumlah limbah yang dialirkan ke landfill dan meningkatkan usia operasionalnya dan dalam waktu yang bersamaan material berharga yang telah dipilah (mis., plastik, kertas, gelas, logam) dapat dipulihkan.
- » Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) – CO<sub>2</sub> dapat dipulihkan melalui penggunaan teknologi pemisah gas. CO<sub>2</sub> dapat digunakan sebagai penyimpanan berkarbonisasi (botol) atau digunakan dalam memproduksi CO<sub>2</sub> untuk rumah kaca.
- » Kompos – tergantung dari prosesnya, pemisahan padatan tinggi-serat dapat di buat menjadi kompos, yaitu sebuah pupuk organik yang kaya akan bahan organik dan nutrisi.
- » Endapan-kaya nutrisi – sekali saja substrat telah dicerna, yang tersisa disebut endapan; endapan ini memiliki kandungan nutrisi yang dapat digunakan untuk menggantikan sumber pupuk kimia lainnya yang mahal pada sektor pertanian.

**Biaya Perubahan** - banyak bahan baku yang digunakan dalam sistem pencernaan anaerobik dianggap sebagai limbah bagi entitas atau industri lainnya. Pada faktanya, pembuangan dari limbah-limbah tersebut dapat menimbulkan biaya di berbagai lokasi/situasi. Mirip seperti landfill dimana biaya ini merupakan sumber pendapatan utama, pemilik pembangkit listrik tenaga biogas yang menggunakan proses pencernaan anaerobik dapat mengambil untung dari kondisi pasar lokal seperti ini dan membebaskan biaya setiap kali menerima limbah organik milik orang lain dan diolah di dalam digester.

Banyak dari limbah ini yang berbentuk cairan, yang mana tidak ideal untuk menghasilkan biogas di dalam landfill. Bagaimanapun, hal ini haruslah dianalisa secara hati-hati dan jangan dipertimbangkan sebagai sumber pendapatan jangka panjang, kecuali sudah jelas-jelas dapat diidentifikasi sebagai sumber pendapatan jangka panjang melalui perjanjian berkelanjutan yang melibatkan usaha yang solid dan berkelanjutan.

---

### 6.3.3 // SITING AND INTERCONNECTION

---

Pilar utama terakhir ini agar proyek biogas dapat berjalan terus memerlukan logistik operasional dan akses ke infrastruktur yang diperlukan untuk pelaksanaan proyek ini.

Ketika mengevaluasi lokasi tempat proyek, beberapa faktor haruslah dipertimbangkan. Berikut ini adalah pertimbangan penetapan lokasi yang paling umum untuk proyek biogas:

» **Lokasi** - hal ini sangatlah penting agar dapat meminimalkan biaya transportasi bahan baku. Biasanya, untuk proyek POME, bahan baku ditempatkan di dalam jangkauan properti kilang, yang mana hal tersebut ideal karena bahan baku dapat dipindahkan melalui sistem pipa dan pemompaan, tidak memerlukan kendaraan yang akan mempengaruhi garis dasar keuangan proyek tersebut. Properti yang mendarat juga diharapkan untuk meminimalkan biaya yang berhaubungan dengan pemindahan bebatuan selama pembangunan digester.

Pada proyek landfill, limbah sudah diangkut ke lokasi. Dengan demikian, faktor ini dapat berperan tidak terlalu penting sedikitnya, bila ada, pilihan-pilihan yang tersedia untuk pembuangan MSW.

» **Interkoneksi** - akses yang mudah dan dekat ke interkoneksi potensial (jaringan tenaga listrik dan saluran pipa gas) dapat menjadi perbedaan antara proyek yang dapat berjalan terus dan yang tidak, terutama di sistem non-penangkapan. Jarak dan kapasitas (kemampuan untuk menghubungkan/ menyerap listrik atau volume gas) dari infrastruktur energi yang dapat diakses adalah poin yang paling penting ketika menganalisa faktor ini.

» **Infrastruktur dan dukungan** - sebagai tambahan terhadap infrastruktur jaringan listrik dan kapasitas yang bersangkutan untuk menyerap apapun produk akhir yang dihasilkan oleh proyek non-captive, aspek-aspek berikut ini juga memerlukan analisis:

→ Jalanan – Memiliki akses ke beberapa moda transportasi yang baik (lebih dari satu akses) memerankan peran penting, terutama ketika sumber bahan baku tidak berlokasi dekat dengan lokasi kilang. Akses jalan yang baik mengurangi biaya transportasi serta modal dan biaya operasional. Sebagai tambahan, hal tersebut memberikan kemudahan akses kepada tim pemeliharaan.

→ Akses kepada tim pemeliharaan /perbaikan – Akses kepada tim pendukung teknis yang memahami peralatan yang dipasang di lokasi dan yang dapat dengan cepat memberikan perbaikan dan pemeliharaan merupakan hal yang penting untuk meningkatkan keberlangsungan kilang dan meminimalkan waktu penghentian operasi.

» **Potensi konflik** - ketika proyek sedang dibangun, bermacam-macam konflik dapat timbul, jenis-jenis konflik yang berbeda dapat timbul. Seperti konflik yang disebabkan oleh masyarakat sekitar. Pihak pengembang haruslah sadar akan potensi konflik dan berusaha untuk meminimalkan hambatan yang pada nantinya timbul yang dapat menghambat aktifitas yang berhubungan dengan pengembangan proyek, khususnya saat pembangunan.

Pada sebagian besar kasus landfill ditempatkan di lokasi yang jauh dari daerah tempat tinggal, yang mana biasanya meminimalkan penentangan dari penduduk setempat. Permasalahan yang lain yang dapat timbul pada proyek landfill adalah bagaimana menangani “pemungut sampah”, orang-orang yang bermata pencaharian dengan cara mengumpulkan material tertentu yang mungkin saja berharga di lokasi /pasar yang berbeda. (mis., logam daur ulang). Di banyak perkotaan, jumlah orang-orang yang terlibat dalam aktifitas ini bisa jadi sangat signifikan, karena itu diperlukan perencanaan yang matang.

Perizinan juga harus direncanakan sebagaimana mestinya dan dengan waktu yang cukup untuk menghindari gangguan perencanaan.

---

# 6.4

## PROYEK BIOGAS PERTANIAN

---

Salah satu evaluasi yang paling penting ketika menganalisa pencernaan anaerobik untuk proyek pertanian berlangsung saat proses pemilihan teknologi. Pemilihan teknologi akan memainkan peran yang menentukan dalam mengoptimalkan produksi biogas dan ukuran proyek vs. modal serta biaya operasi dan pemeliharaan (O&M).

Beberapa faktor yang harus dipertimbangkan saat proses pemilihan teknologi berlangsung adalah:

- » Ukuran: besar, menengah, kecil
- » Biaya: investasi modal yang diperlukan
- » Tingkatan teknologi dan persyaratan O&M
- » Lahan: luas yang tersedia, jarak ke infrastruktur utama
- » Karakteristik bahan baku
- » Iklim: suhu udara, curah hujan

Sebagaimana telah disebutkan sebelumnya, proses pemilihan teknologi akan menjadi dasar bagi kondisi-kondisi dan analisa terhadap bahan baku, pembelian, dan persyaratan penetapan lokasi dan interkoneksi, dan faktor lainnya. Hal paling penting saat menentukan teknologi termasuk pemilihan teknologi pencernaan anaerobik yang akan lebih akurat dalam menghasilkan jumlah produk akhir (biogas dan/atau produk sampingan lainnya), dan menentukan rancangan, biaya dan proses dari sistem yang akan menghasilkan biogas.

Teknologi dan peralatan lainnya yang perlu untuk dianalisa dan dievaluasi adalah:

- » Peralatan pengolahan biogas untuk menghilangkan ketidak murnian dan kelembaban dalam rangka untuk meningkatkan efisiensi dari keseluruhan sistem.
- » Peralatan penggunaan biogas untuk memproduksi jenis energi yang diinginkan (misal genset/gabungan panas dan listrik (CHP), boiler, stasiun kompresor).
- » Peralatan pra-pemrosesan bahan baku (misal menara pendingin, pemisah padatan, penghilang minyak).
- » Peralatan paska-pemrosesan bahan baku (misal pemisah padatan, tampungan pembuat kompos, gedung penyimpanan).

Teknologi untuk pencernaan anaerobik skala menengah dan besar tersedia dan sesuai untuk pencernaan POME – fokus pada Bab ini – diringkas sebagai berikut dibawah ini.

---

## 6.4.1 // DANAU ANAEROBIK TERTUTUP

---

Dalam menghasilkan biogas, limbah cair disimpan di dalam kubah geo membran untuk menangkap gas metana yang terlepas selama konversi biologis anaerobik.

Di dalam danau, banyak mikroorganisme, termasuk bakteri dan jamur, mulai berkembang dan melipatgandakan diri menggunakan nutrisi dan energi yang ada di dalam POME. Mikro organisme tersebut memulai pembusukan material organik POME menjadi asam lemak yang mudah menguap dan pada akhirnya mengubah mereka menjadi gas metana dan CO<sub>2</sub> (biogas). Biogas yang diproduksi lalu ditangkap dibawah penutup untuk mencegah pelepasannya ke lapisan atmosfer. Disinilah tempat dimana biogas disimpan.

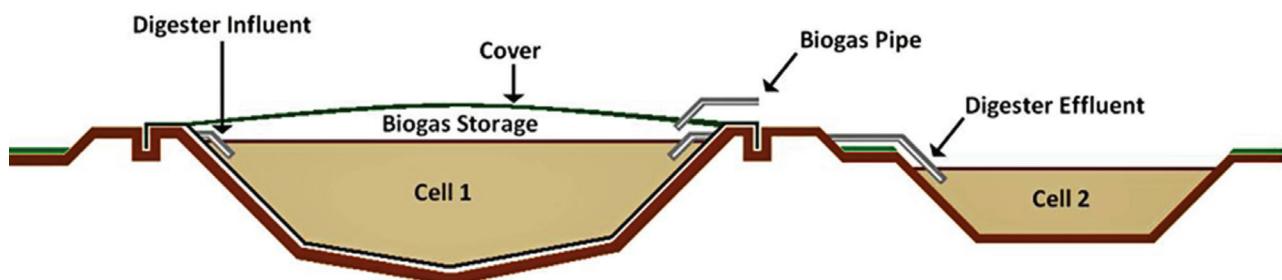
Tergantung dari proyeknya, Kolam Tertutup bisa saja memiliki bentuk yang berbeda-beda; bentuk paling umum adalah penutup berupa kubah dan penutup mengambang. Dengan menangkap dan membakar biogas, emisi gas metana digantikan dengan emisi karbon dioksida, dengan itu kita bisa mencapai pengurangan yang signifikan terhadap potensi emisi gas rumah kaca di saat yang bersamaan menciptakan sumber energi terbarukan.

Parameter rancangan khusus:

- »   : Waktu retensi hidrolis: 30 – 60 hari
- »   : Padatan total: 0.5 – 5%

————— GAMBAR 37 —————  
PENAMPANG KOLAM  
ANAEROBIK TERTUTUP

---



————— *GAMBAR 38* —————  
DANAU DIGESTER TERTUTUP DAN  
SISTEM PEMBAKARAN

.....



---

## 6.4.2 // REAKTOR TANGKI YANG DIGERAKKAN TERUS-MENERUS (CSTR)

---

Pada teknologi ini, limbah cair disimpan di dalam tangki untuk menangkap gas metana yang terlepas selama konversi biologis anaerobik.

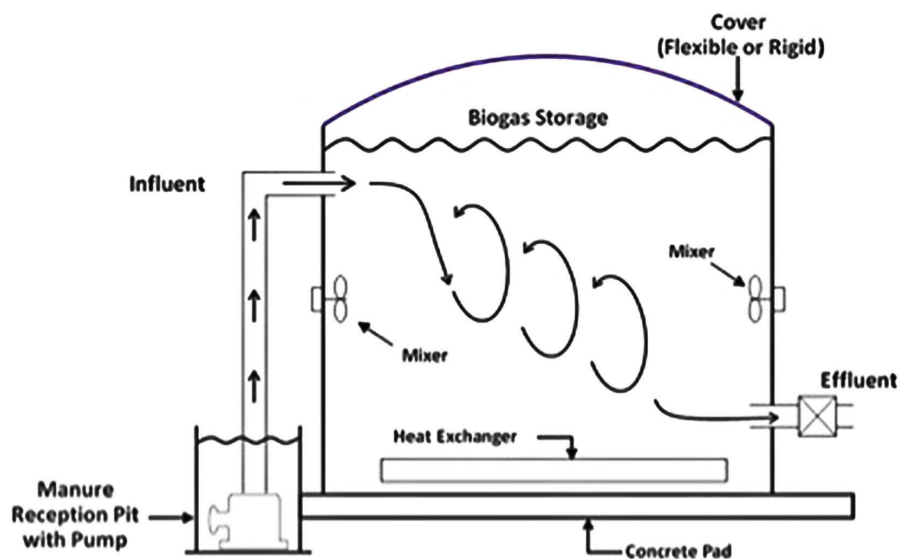
Tidak seperti kolam tertutup, teknologi ini pada umumnya memiliki dua sampai beberapa pengaduk mekanis yang terpasang di dalam tangki, menciptakan proses mengaduk yang terus menerus yang diperlukan ketika mencerna material yang memiliki kandungan padatan yang lebih tinggi (12% atau lebih). Bahan baku masukan yang segar segera dicampurkan kedalam bahan baku yang sudah terlebih dahulu disimpan di dalam tangki, sehingga menciptakan campuran yang homogen.

Proyek-proyek ini bisa saja memiliki lebih dari satu tangki, baik seri maupun paralel, tergantung bagaimana proses tersebut dirancang. Ketika dirancang agar dapat bekerja dalam rangkaian seri, biasanya bertujuan untuk melakukan pemisahan, dalam suatu cara, beberapa diantaranya proses yang berbeda dari pencernaan anaerobik.

Jenis penyimpanan biogas yang lebih tradisional ditunjukkan dalam **Gambar 39**; yang terjadi diantara permukaan bahan baku dan penutup di masing-masing tangki. **Gambar 40** menunjukkan dua contoh digester CSTR yang sedang beroperasi.

— GAMBAR 39 —  
DIAGRAM DIGESTER CSTR

---



Sumber: [www.daviddarling.info](http://www.daviddarling.info) dan IEA Bioenergy.



— GAMBAR 40 —  
DIGESTER CSTR, GENSET  
DAN PEMBAKARAN

.....



Parameter rancangan khusus:

- » Padatan total: 3 – 15%
- » Waktu retensi hidrolis: 5 – 30 hari (tergantung dari bahan bakunya)

Terdapat pula teknologi lainnya yang tersedia di pasaran tetapi teknologi tersebut tidak dapat diterapkan untuk proyek POME.

————— **TABEL 12** —————  
**PERBANDINGAN TEKNOLOGI**

TECHNOLOGY	ADVANTAGES	DISADVANTAGES
<b>Kolam anaerobik tertutup</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Modal dan biaya operasi rendah</li> <li>» Teknologi sederhana</li> <li>» Volume yang besar menyediakan pemerataan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Membutuhkan lebih banyak lahan</li> <li>» Geo membran seringkali tidak tersedia secara lokal</li> <li>» Pemeliharaan penutup geo membran</li> <li>» Terbatas hanya untuk konsentrasi padatan yang rendah</li> </ul>
<b>Digester Campuran-lengkap</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Rapi</li> <li>» Bisa untuk konsentrasi padatan yang tinggi</li> <li>» Sistem yang lebih kuat (umur ekonomis yang lebih lama)</li> <li>» Teknologi tingkat tinggi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Modal dan biaya O&amp;M yang tinggi</li> </ul>

### 6.4.3 // PILIHAN PENYIMPANAN BIOGAS

Penyimpanan biogas dapat dilakukan dengan dua cara yang berbeda:

1. Penyimpanan Internal – di dalam tangki digester
2. Penyimpanan Eksternal – di luar tangki digester

Penyimpanan biogas biasanya dipertimbangkan ketika penggunaan atau konsumsi biogas tidak berlangsung terus menerus. Hal ini berarti terdapat beberapa rentang waktu ketika permintaan akan lebih tinggi atau lebih rendah dibandingkan dengan tingkat produksi; tingkat produksi ini biasanya sangat konstan sepanjang hari dan mungkin hanya bervariasi saat digester dipasok dengan pasokan bahan baku musiman.

Terdapat perbedaan bentuk dan warna dari bangunan penyimpanan ini (misal bulat, setengah bulat, berbentuk tenda) tetapi semuanya memiliki tujuan utama yang sama dan perbedaannya lebih terletak pada pemasok atau karakteristik tertentu dari lokasinya. Dalam beberapa kasus, kondisi cuaca yang diharapkan (misal berangin, hujan lebat, suhu udara) memainkan peran penting dalam menentukan bangunan-bangunan ini.

————— GAMBAR 41 —————  
SISTEM PENYIMPANAN BIOGAS  
INTERNAL DAN EKSTERNAL  
.....



### 6.4.3 // BIAYA-BIAYA UNTUK PROYEK BIOGAS PERTANIAN

Sama halnya dengan setiap proyek energi jenis ini, bermacam-macam faktor akan mempengaruhi total modal dan biaya operasional; hal ini berlaku untuk kolam digester, CSTR dan fasilitas lainnya yang berusaha untuk menyediakan lokasi pembuangan limbah yang berkelanjutan dan aman atau untuk mengolah dan mengubah limbah menjadi komoditas berharga yang dapat dijual di pasaran.

**Tabel 13** menunjukkan kisaran biaya modal rata-rata untuk jenis-jenis fasilitas yang telah dijelaskan di atas.

————— **TABEL 13** —————  
**PERKIRAAN BIAYA INVESTASI UNTUK  
 PROYEK BIOGAS (US \$/KW)**

TEKNOLOGI	UMUR EKONOMIS (TAHUN)	FAKTOR KAPASITAS (%)	TINGKAT KELUARAN BERSIH (KW)	BIAYA PROYEK (US \$/KW)					
				RANCANGAN + MESIN.	PERAL. & MATERIAL	SIPIIL	PEMASASNGAN	KONTIJENSI	TOTAL
<b>Biogas 500 kW</b>	20	85	425	300-360	1950-2200	350-400	550-700	300-330	3550-3990
<b>Biogas 1 MW</b>	20	85	850	200-250	1750-1950	200-250	450-550	250-300	2850-3330
<b>Biogas 2 MW</b>	20	85	1700	130-150	1600-1750	150-175	230-300	170-200	2300-2572

Catatan: 1) Biaya peralatan dan material tergantung kepada penyedia teknologi (setiap merek/jenis dapat secara signifikan lebih murah atau lebih mahal dibandingkan dengan jenis atau merek lainnya.) 2) Biaya sipil tunduk kepada lokasi proyek tersebut (biaya ini biasanya lebih mahal pada daerah terpencil).

---

# 6.5

## PROYEK BIOGAS LIMBAH PADAT PERKOTAAN

---

Limbah yang dihasilkan setiap harinya oleh rumah tangga, usaha dan lokasi industri mengandung porsi limbah organik yang signifikan (biasanya berkisar 15-35%), tergantung pada beberapa faktor. Faktor-faktor ini dapat berbeda-beda antara wilayah yang satu dengan yang lainnya dan juga tergantung pada aspek sosial dari masyarakat setempat.

Di sebagian besar kasus, limbah ini ditangani dengan salah satu dari dua cara: 1) limbah dapat dipindahkan ke fasilitas pusat dimana limbah langsung diarahkan ke proses pembakaran (insinerasi) atau 2) limbah dipindahkan dan dibuang ke lokasi tertentu (pembuangan sampah terbuka atau landfill).

Kedua alternatif tersebut memiliki potensi untuk menghasilkan energi melalui proses yang berbeda. Yang pertama menggunakan proses panas yang jika digabungkan dengan sebuah turbin, dapat menghasilkan listrik (mirip seperti pembangkit listrik tenaga batu bara); yang kedua menggunakan proses sistem pencernaan anaerobik yang sama seperti yang dijelaskan pada Bab 5.1, memproduksi produk akhir biogas (yang disebut gas landfill atau LFG) yang dapat digunakan oleh mesin-mesin untuk menghasilkan listrik dan panas.

Biasanya, pembakaran langsung memiliki potensi energi yang lebih besar dibandingkan proyek gas landfill menjadi energi. Tetapi banyak masyarakat yang menolak untuk menerapkan teknologi ini dikarenakan pertimbangan kelestarian lingkungan hidup berkaitan dengan emisi yang dihasilkan dari proses tersebut. Proyek ini juga membutuhkan jumlah modal yang besar untuk mengembangkan fasilitas semacam tersebut bila dibandingkan dengan landfill.

Pilar-pilar yang disebutkan pada Bab 5.3 (bahan baku, perjanjian pembelian dan penetapan lokasi dan interkoneksi) memiliki dampak yang besar terhadap pengembangan proyek landfill. Seringkali, landfill secara terang-terangan didefinisikan sebagai tempat pembuangan limbah. Namun, komunitas teknis merujuk kepada dua jenis tempat yang berbeda: tempat pembuangan dan landfill. Pembuangan Limbah Terbuka biasanya didefinisikan sebagai area pembuangan ruang terbuka dengan sedikit perencanaan limbah atau hanya beberapa sistem pengolahan di tempat tersebut; tempat-tempat ini biasanya menghasilkan bau busuk yang sangat kuat tak tertahankan yang bahkan bisa dicium sampai berkilo-kilometer jauhnya. Hal tersebut dapat menyebabkan bermacam permasalahan kesehatan yang berkaitan dengan kualitas udara atau kurangnya sarana dan kondisi kebersihan. Sebuah landfill biasanya merujuk kepada lokasi penyimpanan limbah terencana yang dibekali peralatan untuk meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan sekitar, seperti contohnya, mencegah pencemaran tanah, meminimalkan pelepasan bau busuk dan mengendalikan aliran gas yang berbahaya bagi atmosfer. Gas metana merupakan satu dari sekian gas yang dapat dikumpulkan dan digunakan untuk menghasilkan energi.

Untuk memungkinkan usaha pembuangan yang lebih baik dan lebih terorganisir, lapisan limbah diratakan pada landfill. Ketika suatu lapisan telah diisi, limbah tersebut ditutupi dengan lapisan penutup dan lapisan baru akan ditambahkan di atasnya. "Pelapisan" berulang kali ini memungkinkan dilakukannya pembuangan yang terkontrol dan efektif serta pengumpulan LFG secara terus menerus.

Teknologi yang ada baru-baru ini yang mulai diterapkan oleh banyak negara berfokus pada pengolahan limbah yang tinggi kandungan organiknya. Fasilitas-fasilitas semacam ini masih memiliki kemampuan untuk memisahkan atau bahkan menyerap material non-organik, tetapi semakin tinggi tingkat inorganiknya semakin berkurang efektifitas dari proses tersebut dan sebagai konsekuensinya, teknologi ini akan semakin tidak dapat diteruskan (teknis dan keuangan) keberlangsungannya.

Fasilitas-fasilitas ini disebut Digester Anaerob Kering / *dry anaerobic digesters* (DADs) atau Digester Anaerobik Padat / *high-solids anaerobic digesters* (HSADs). Sebagai tambahan terhadap kemampuan untuk menghasilkan biogas yang dapat dirubah menjadi listrik dan/atau panas, mereka juga dapat menambah fase pengolahan pembuatan kompos untuk limbah yang tersisa setelah proses pencernaan selesai.

Ada beberapa cara untuk menangani MSW. Diantaranya, ada dua teknologi yang menonjol sebagai yang paling populer untuk pengolahan limbah dan penghasil biogas; pemulihan gas landfill dan pencernaan anaerobik kering. Bagian-bagian dari rancangannya dapat bervariasi berdasarkan pada teknologi dari pemasok/perancangannya, tapi keduanya masih berbagi pendekatan yang sama

---

### 6.5.1 // PRODUKSI GAS LANDFILL (LFG)

---

Limbah padat perkotaan yang dibuang ke landfill pertama-tama akan melalui proses penguraian anaerobik saat bersentuhan dengan udara (oksigen), selanjutnya proses yang lebih lama, anaerobik tiga-tahap akan berlangsung; agar dapat menjadi efektif, proses anaerobik, yang terjadi saat gas metana sedang dihasilkan, memerlukan lingkungan yang bebas oksigen serta beberapa kondisi yang terkontrol. Pada titik ini, LFG yang diproduksi perlu untuk dikumpulkan agar dapat ditangani, baik demi tujuan menghasilkan energi maupun tidak.

**Gambar 42** menunjukkan tahapan dari kedua proses tersebut, dengan komposisi LFG untuk masing-masing proses pada tiap tahap dari keseluruhan proses. Bagian anaerobik dari proses ini sangat mirip dengan apa yang terjadi dengan teknologi anaerobik lainnya.

Produksi LFG dapat bertahan selama 20 sampai 30 tahun setelah limbah dibuang, tetapi tingkat produksinya mulai menurun hampir seketika setelah pembuangan berhenti. Rata-rata, di wilayah-wilayah yang lembab, satu juta ton MSW memproduksi kira-kira 12,000 meter kubik (m<sup>3</sup>/hari).

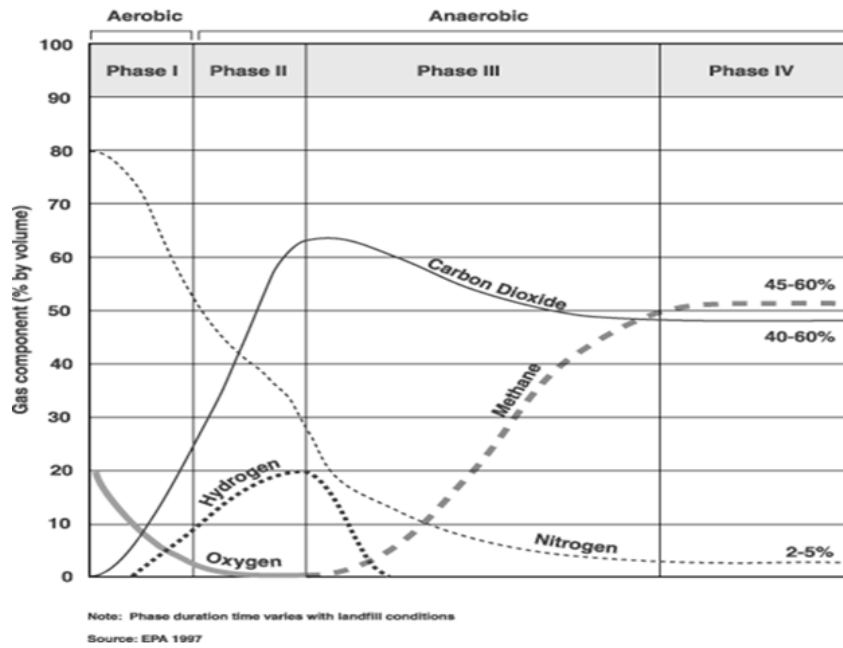
Air lindi sampah adalah cairan yang biasanya dihasilkan oleh landfill. Air lindi sampah memiliki kandungan air yang tinggi yang dapat dibandingkan dengan hasil cerna yang dijelaskan pada Bab 5.4. Cairan ini biasanya merembes melalui limbah dan dikumpulkan di dasar sel landfill, dimana cairan ini kemudian dipindahkan (seringkali dipompa) ke kilang pengolahan tertentu.

Landfill yang memproduksi tenaga listrik dari LFG memberikan manfaat ekonomis dan lingkungan hidup bagi masyarakat sekitar, pengguna energi dan landfill itu sendiri sebagai energi dapat menjadi sumber pendapatan. Pemilik Landfill, penyedia layanan energi, perusahaan-perusahaan, instansi negara, pemerintah setempat, masyarakat dan pemangku kepentingan lainnya dapat bekerja sama untuk mengembangkan proyek energi LFG yang sukses seperti:

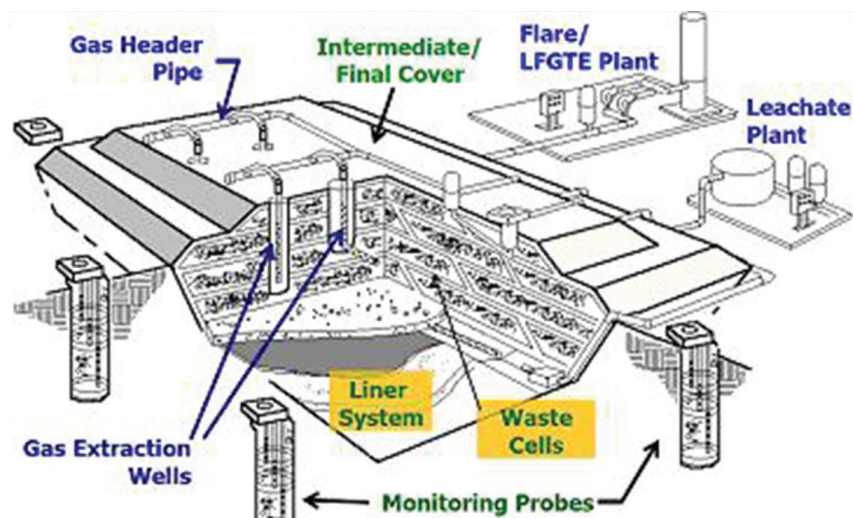
- » ..... Mengurangi emisi gas rumah kaca yang menyebabkan perubahan iklim global
- » ..... Mengurangi penggunaan sumber daya tidak terbarukan, seperti batubara, minyak bumi dan gas alam
- » ..... Membantu meningkatkan kualitas udara setempat

- » ..... Menghasilkan pendapatan untuk landfill
- » ..... Mengurangi biaya penggunaan energi bagi para pengguna energi LFG
- » ..... Menciptakan lapangan pekerjaan dan mendorong investasi bagi perusahaan-perusahaan setempat

————— *GAMBAR 42* —————  
 FASE AEROBIK DAN  
 ANEROBIK LANDFILL



————— *GAMBAR 43* —————  
 CONTOH PENAMPANG LANDFILL YANG  
 MEMANFAATKAN LFG



### **Pengumpulan dan Pemafaatan LFG**

Pengumpulan LFG secara khusus dimulai setelah sebagian dari landfill (dikenal juga dengan sebutan “sell”) ditutup untuk pembuangan limbah tambahan. Metode paling umum dari pengumpulan LFG melibatkan pengeboran sumur vertikal pada limbah dan menghubungkan mulut-mulut sumur tersebut ke saluran pipa yang mengarah ke samping yang kemudian memindahkan gas ke header pengumpulan menggunakan penghembus atau sistem penyedotan vakum. Jenis lainnya dari sistem pengumpulan LFG menggunakan saluran pipa horizontal yang diletakkan di parit pada limbah. Sistem-sistem ini berguna di landfill yang lebih dalam dan di area pengisian aktif. Beberapa sistem pengumpulan melibatkan gabungan sumur vertikal dan pengumpul horizontal.

Penghembus mekanik digunakan untuk menggerakkan gas dari sumur pengumpulan menuju kedalam sistem dan membuat gas tersebut tersedia pada tekanan yang tepat untuk masing-masing langkah dalam proses ini.

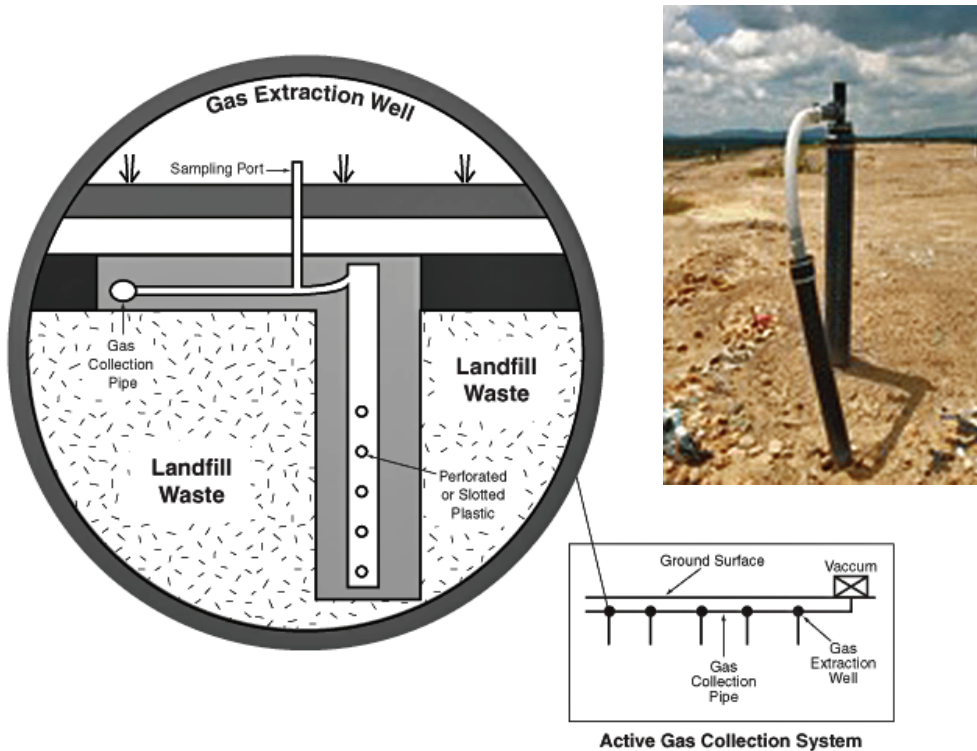
LFG dapat digunakan untuk memproduksi jenis produk akhir yang sama seperti yang dijelaskan dalam bab 5.3, termasuk listrik, panas (energi panas) dan gas alam terbarukan (RNG), yang memiliki komposisi sama dengan gas alam. Dalam beberapa kasus, mesin penguap menggunakan LFG untuk mengurangi jumlah air lindi sampah, terutama di lokasi dimana pengolahan limbah cair tidak tersedia atau terlalu mahal.

————— *GAMBAR 44* —————  
**PEMANDANGAN SEBUAH LANDFILL YANG MEMPERLUAS SEL  
DENGAN CARA MEMASANG SELAPUT UNTUK MELINDUNGI TANAH**  
.....





————— *GAMBAR 45* —————  
**SUMUR EKSTRAKSI VERTIKAL DAN  
 HORIZONTAL DARI SEBUAH HEADER VERTIKAL**  
 .....



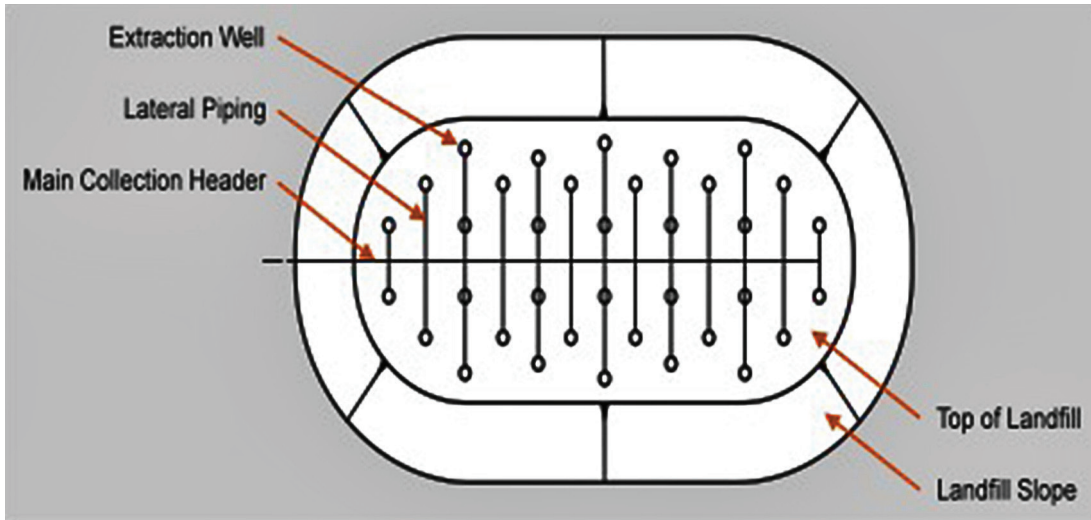
Pada banyak landfill LFG langsung dibakar. Walaupun tidak ada energi yang dihasilkan, tapi gas metana dihancurkan. Pembakaran dapat terjadi ketika tidak ada kesempatan untuk menggunakan LFG atau hanya karena kondisinya tidak memberikan manfaat keuangan yang menguntungkan. Bagaimanapun, di saat mereka menyadari nilai dari LFG, semakin banyak landfill yang menggunakan sumber daya ini.

Sebagian besar proyek LFG-menjadi energi menghasilkan listrik dengan menggunakan mesin pembakaran internal atau CHP (gabungan panas dan listrik); ukurannya bervariasi tergantung pada ukuran landfill, yang mana umumnya antara 1 dan 12 MW.

Penting untuk memperhatikan bahwa jenis pengolahan yang sama yang dijelaskan pada Bab 5.3 berlaku untuk LFG dan penggunaannya.

Beberapa otoritas pengelola limbah dan/ atau landfill telah menerapkan teknologi yang dapat menghasilkan gas alam bertekanan (CNG), yang mana dapat digunakan sebagai bahan bakar oleh truk pengangkut limbah. Hal ini membawa penghematan yang signifikan untuk operasi pengangkutan, terutama di lokasi-lokasi dimana diesel dan bensin menghabiskan biaya yang tinggi. CNG dapat disediakan dengan cara mengolah yang tepat LFG (biogas) yang dihasilkan oleh landfill atau dengan hanya sekedar mengompres gas alam yang disediakan oleh perusahaan utilitas gas setempat.

————— *GAMBAR 46* —————  
CONTOH PERENCANAAN LAHAN EKSTRAKSI  
LFG  
.....



————— *GAMBAR 47* —————  
CONTOH PENGUMPULAN AIR LINDI  
SAMPAH DAN KOLAM PENGOLAHAN  
.....



### **LFG – Teknologi Yang Telah Terbukti**

Proyek energi LFG dimulai sejak pertengahan hingga akhir tahun 1970-an tetapi baru mulai menjadi sangat terkenal menjelang akhir tahun 1990-an. Beberapa dari proyek-proyek awal yang diterapkan menerima insentif dalam rangka untuk mempromosikan teknologi ini dan memperbaiki sistem pengelolaan limbah saat itu. Saat ini sebagian besar dari sistem-sistem ini dapat berjalan dengan sendirinya ketika didirikan infrastruktur yang tepat (landfill).

**Pemodelan LFG** – Pemodelan LFG adalah latihan untuk memperkirakan gas yang dihasilkan dan pemulihannya berdasarkan pada sejarah pembuangan limbah masa lalu dan masa yang akan datang dan perkiraan efisiensi dari sistem pengumpulan. Pemodelan LFG merupakan langkah yang penting dalam proses pengembangan proyek karena hal ini memberikan perkiraan jumlah gas yang dapat dipulihkan yang nantinya akan dapat tersedia seiring dengan waktu untuk memberikan bahan bakar untuk proyek energi LFG.

Produksi LFG tidak mengacu pada pengumpulan LFG. Keduanya perlu untuk dimaksimalkan tapi pengumpulan dipengaruhi secara langsung oleh rancangan dari sistem pengumpulan (sumur-sumur, peralatan mekanis, dll.), namun produksi LFG akan bervariasi sehubungan dengan faktor-faktor yang berkaitan dengan kondisi biologis di dalam landfill.

**Faktor paling penting** yang dapat mempengaruhi produksi LFG kesemuanya berkaitan dengan limbah itu sendiri, yaitu:

- » ..... Ukuran partikel
- » ..... Komposisi
- » ..... Umur
- » ..... Kehadiran oksigen
- » ..... Kandungan kelembaban
- » ..... pH

Beberapa entitas internasional menggunakan pemodelan yang dapat digunakan oleh setiap orang yang berminat untuk mengembangkan sebuah proyek. **Hasil akhir** pemodelan akan termasuk total LFG yang dihasilkan, dan yang paling penting untuk:

- » ..... Menjelaskan dengan tepat dan mengukur peralatan yang akan dipasang untuk memulihkan dan mengolah gas (LFG)
- » ..... Menjelaskan dengan tepat jumlah dan lokasi sumur untuk memaksimalkan penangkapan LFG
- » ..... Mengevaluasi kelayakan proyek dari sudut pandang teknis dan keuangan
- » ..... Menentukan persyaratan-persyaratan yang harus dijalani selama pelaksanaan proyek.

Pemodelan memainkan peran yang sangat penting di protek ini sebagaimana tingkat pembangkitan tidak akan pernah dapat diukur. Sebagai gantinya, hal tersebut tergantung pada efisiensi sistem pengumpulan, yang mencerminkan kapasitas sistem untuk mengekstraksi gas yang diproduksi dari bagian dalam landfill. Terdapat ratusan proyek yang sudah beroperasi yang mana dapat dipelajari oleh para pengembang baru. Tapi setiap pengembang haruslah sadar bahwa pemodelan ini memiliki batasan dan selalu ada ketidakpastian yang berhubungan dengan efisiensi pengumpulan yang dapat dicapai pada landfill.

---

### 6.5.2 // DRY ANAEROBIC DIGESTION (DAD)

---

Sistem pencernaan anaerobik kering dirancang untuk menerima dan mengolah limbah yang utamanya tersusun dari material organik. Teknologi yang digunakan di sistem ini seringkali menyertakan kemampuan untuk membuat kompos dari limbah yang tersisa setelah proses pencernaan berakhir. Material kompos dapat mencapai karakteristik sebagai pupuk berkualitas tinggi dan dapat dijual pada harga pasar sehingga menghasilkan sumber pendapatan baru. Keseluruhan proses bisa menjadi proses tanpa sisa limbah karena semuanya memiliki penggunaan akhir, termasuk beberapa bahan pencemar non-organik yang dipisahkan dalam tahap-tahap yang berbeda selama proses; plastik, logam, kertas, dan gelas dapat dikirim ke fasilitas daur ulang terdekat.

Proses pencernaan anaerobik juga berjalan dengan cara yang berbeda dibandingkan dengan proses untuk material yang lebih encer, seperti POME. Ketika terdapat banyak padatan, material tidak dapat mengalir dengan baik dan tidak dapat diaduk, dan material tidak dapat disimpan pada danau atau tangki. Umumnya disimpan di dalam wadah (seringkali disebut modul) selama jangka waktu yang dibutuhkan oleh pengolahan; material cair disemprotkan ke seluruh material untuk memaksa perembesan menembus material (biasanya dari atas ke bawah) sehingga partikel limbah dapat dikumpulkan dan terbawa bersama cairan; partikel-partikel ini biasanya memiliki tingkat penguraian yang tinggi, yang mana berkontribusi kepada pembangkitan biogas yang baik. Untuk semua alasan-alasan ini satu fasilitas dari jenis ini tidak memiliki kemampuan untuk menangani jumlah limbah yang besar seperti landfill, tapi beberapa dapat dipasang di wilayah-wilayah tertentu.

Terdapat beberapa faktor yang dapat mendorong pemilihan teknologi jenis ini. Beberapa diantaranya termasuk:

- » Kemudahan akses pada limbah yang tinggi kandungan organiknya – limbah yang berasal dari pasar makanan, fasilitas pemroses makanan, dan pusat hiburan yang memiliki sistem pemisahan sumber daya.
- » Nilai pasar lokal yang tinggi untuk material kompos/ pupuk
- » Tingginya biaya perubahan untuk fasilitas landfill atau limbah ke energi yang membuat para pengembang mencari kesempatan bisnis yang lain.
- » Peraturan-peraturan lokal dan internasional untuk mengurangi pembuangan landfill dan menentukan target untuk tingkat daur ulang.

————— *GAMBAR 48* —————  
CONTOH MODUL DIMANA MSW DICERNA  
DAN DIBUAT MENJADI KOMPOS  
.....



————— GAMBAR 49 —————  
MEMILIH MATERIAL PEMBUAT KOMPOS YANG AKAN  
DIGUNAKAN SEBAGAI PUPUK BERKUALITAS TINGGI  
.....



### 6.5.3 // BIAYA-BIAYA UNTUK PROYEK MSW

Sebagaimana dengan proyek biogas, beberapa faktor akan mempengaruhi jumlah total modal dan biaya operasional untuk landfill, DAD atau fasilitas lainnya yang berusaha untuk menyediakan lokasi pembuangan limbah yang aman dan berkelanjutan atau mengolah dan merubah limbah padat perkotaan menjadi komoditas berharga lainnya yang dapat dijual ke pasaran.

Dengan menggunakan alat bantu penghitungan landfill yang tersedia secara online, yang didasarkan pada beragam skenario sesungguhnya, adalah mungkin untuk memperkirakan atau mengesahkan modal dan biaya operasional untuk proyek landfill. Bagaimanapun, faktor-faktor setempat juga harus dipertimbangkan untuk mencocokkan setiap kasus tertentu yang dapat mempengaruhi biaya-biaya ini.

Informasi yang disertakan pada **Tabel 14** memberikan kisaran secara umum untuk modal dan biaya operasional untuk proyek pembangkit listrik LFG.

Nilai-nilai yang disertakan dalam Tabel 14 mengasumsikan bahwa beberapa dari infrastruktur landfill (pekerjaan lahan dan selaput) sudah berada di tempatnya dan semua yang dibutuhkan untuk melengkapi proyek gas landfill menjadi energi adalah pengumpulan gas, sistem pengolahan, pemasangan generator, hubungan dengan pengguna akhir, dan pekerjaan-pekerjaan lainnya yang berkaitan.

Biaya untuk fasilitas digester anaerobik kering dapat bervariasi secara signifikan dan definisi dari kondisi-kondisi diperlukan dalam setiap perkiraan. Bagaimanapun, keseluruhan biayanya biasanya lebih tinggi daripada proyek landfill. Sebagai contoh, biaya investasi pada proyek yang baru-baru ini dibangun di negara-negara berkembang yang mampu menangani limbah organik sekitar 100,000 ton/tahun berkisar antara US\$14 and 18 juta.

————— **TABEL 14** —————  
**PERKIRAAN INVESTASI DAN BIAYA**  
**OPERASIONAL UNTUK PROYEK LFG/LANDFILL**  
 .....

POTENSI LISTRIK DARI LANDFILL	UMUR EKONOMIS (TAHUN)	TINGKAT KELUARAN BERSIH (kW)	BIAYA PROYEK (US \$)			
			BIAYA MODAL	BIAYA ADMINISTRATIF	BIAYA OPERASIONAL (LAHAN DAN SUMUR)	BIAYA OPERASIONAL DENGAN PERALATAN GAS (/KWH DIBANGKITKAN)
<b>LFG 1 MW</b>	20	850	3-3.5 juta	30,000-50,000	60,000-80,000	1.8 cents/kWh
<b>LFG 3 MW</b>	20	2,700	5-6 juta	40,000-70,000	100,000-130,000	1.8 cents/kWh
<b>LFG 20 MW</b>	20	9,500	13-16 juta	60,000-100,000	350,000-400,000	1.6 cents/kWh

Catatan: 1) Biaya peralatan dan material tergantung kepada pemasok (setiap merek/jenis dapat memiliki biaya yang berbeda-beda, tergantung kepada ketersediaan dan dukungan lokal); 2) Biaya operasional tunduk kepada lokasi dari proyek (biaya biasanya lebih mahal di daerah terpencil); 3) Biaya modal dan operasional akan lebih tinggi ketika meningkatkan sistem yang telah terpasang demi tujuan untuk menghasilkan gas alam terbarukan; 4) Biaya O&M untuk penguapan air lindi sampah tergantung kepada ukuran dari kilang, tetapi berkisar antara US \$4 dan \$10/m<sup>3</sup> untuk air lindi sampah yang diuapkan. Sumber: komunikasi pribadi dengan H. Willumsen, konsultan LFT, World Bank, 2004.

---

# 6.6

## TEKNOLOGI PENGOLAHAN BIOGAS

---

Dalam hampir semua kasus, biogas yang dihasilkan dari pencernaan material organik memerlukan pengolahan yang tepat sebelum dapat digunakan. Metode pengolahan tergantung kepada 1) komposisi biogas mentah, yang biasanya bervariasi untuk jenis substrasi organik yang sedang ditangani, dan 2) penggunaan akhir dari biogas. Bab ini membahas teknologi-teknologi yang dapat diterapkan untuk pertanian dan proyek biogas limbah padat perkotaan.

Penting kiranya untuk memperhatikan bahwa terdapat beberapa alternatif untuk mencapai pengolahan biogas, termasuk beberapa sistem yang telah dipatenkan oleh para vendor. Setiap fasilitas memiliki parameter untuk lokasi-khusus dan kondisi-kondisi untuk pengolahan biogas; oleh karena itu, persyaratan-persyaratan ini perlu untuk dievaluasi secara proyek ke proyek.

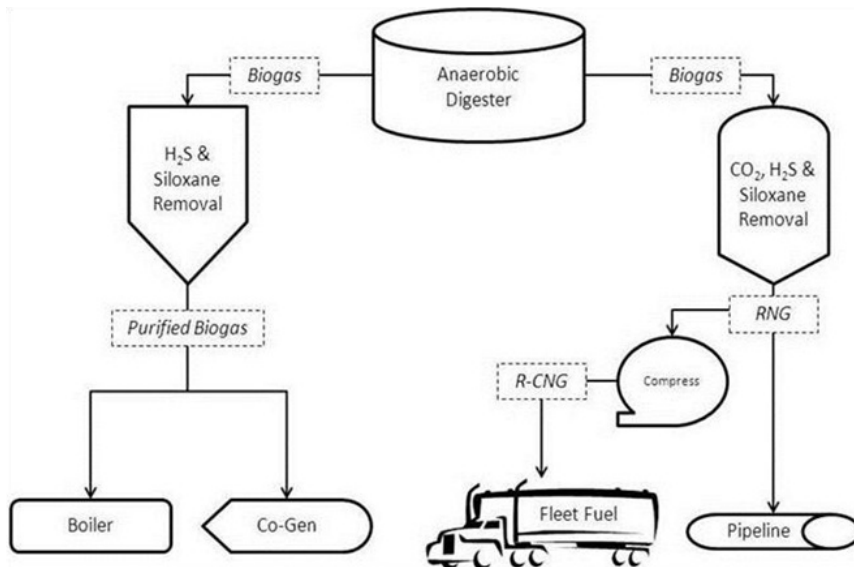
Biasanya tiga teknologi pengolahan ini dipertimbangkan untuk proyek biogas:

- 1. Penghilang Kelembaban**  
Kelembaban harus dihilangkan dari biogas untuk mengurangi pembentukan asam sulfur, yang akan merusak mesin-mesin dan bagian-bagian mekanis lainnya. Penghilangan dapat dicapai menggunakan pendingin atau kompresor pengering. Hal ini dapat dikatakan bahwa setiap masing-masing proyek biogas memerlukan pengolahan jenis ini kecuali gas sedang tidak digunakan untuk membangkitkan energi.
- 2. Teknologi Pemurnian**  
Teknologi ini termasuk sistem untuk mengolah dan mengurangi kandungan bahan campuran yang tidak diinginkan dan/atau ketidakmurnian (misal H<sub>2</sub>S, siloxanes); bahan-bahan campuran ini mampu untuk merusak peralatan mekanis dan/atau secara signifikan menurunkan efisiensi dari proses pembangkitan energi. Siloxanes ditemukan di fasilitas-fasilitas yang menangani MSW, sebagaimana mereka dihasilkan dari produk-produk yang berasal dari sabun dan detergen. Jenis pengolahan ini bisa menjadi mahal dan merupakan bagian dari sistem yang harus diawasi dengan sangat hati-hati ketika biogas sedang digunakan untuk menghasilkan energi.
- 3. Teknologi Peningkatan**  
Teknologi-teknologi ini berfokus menghilangkan gas non-metana ( utamannya CO<sub>2</sub>) untuk mendapatkan sumber energi yang lebih bersih dan lebih terkonsentrasi (konsentrasi CH<sub>4</sub> yang lebih tinggi). Sementara itu karbon dioksida memiliki efek yang lebih kecil terhadap peralatan mekanis dibandingkan ketidakmurnian, hal tersebut mengurangi kandungan Btu dari biogas, dengan demikian menurunkan efisiensi pembangkitan. Teknologi-teknologi ini utamannya digunakan ketika biogas akhir disuntikan kedalam saluran pipa utilitas lokal atau digunakan sebagai bahan bakar kendaraan. Dalam kasus-kasus tersebut, biogas mencapai spesifikasi yang membuat biogas menjadi hampir tidak dapat dibedakan dengan gas alam; pada titik ini biogas umumnya disebut gas alam terbarukan (RNG).



**Gambar 50** menyediakan uraian gambar dari pilihan-pilihan yang tersedia untuk menggunakan biogas yang akan dihasilkan melalui sistem pencernaan anaerobik/landfill. **Gambar 51** menyertakan foto-foto peralatan yang tercakup dibawah beberapa pilihan-pilihan ini (penghilang H<sub>2</sub>S dan air) dan sebuah genset untuk mesin (gabungan panas dan listrik).

————— *GAMBAR 50* —————  
 DIAGRAM ALUR PEMBERSIHAN  
 DAN PENGGUNAAN



————— *GAMBAR 51* —————  
 SISTEM PEMBERSIHAN DAN  
 PEMBANGKITAN BIOGAS



---

# 6.7

## RISIKO YANG BERHUBUNGAN DENGAN PROYEK BIOGAS

---

Sebuah kajian risiko mengevaluasi asumsi-asumsi dan risiko-risiko operasional dengan memasukan faktor risiko ekonomi kritis dimana baik tindakan penanggulangan dibutuhkan ataupun risikonya dibebankan kedalam proyek. Kajian ini juga mengevaluasi variasi potensial – analisis sensitifitas – dalam tingkat pengembalian keuangan internal terhadap investasi ekuitas pemilik. Analisis harus dapat menunjukkan beragam sensitifitas yang dikenali dengan cara “kisaran yang kira-kira terjadi” pada peristiwa masing-masing input pokok berada diantara kisaran nilai-nilai yang terpilih.

Input biaya terpilih dan risikonya biasanya sebagai berikut:

- » Meningkatkan biaya modal
- » Umur ekonomis proyek berkurang
- » Meningkatkan biaya dan frekuensi peningkatan berkala atau bongkar mesin.

Kategori lainnya dari risiko adalah:

- » **Risiko Pengembangan**  
Negosiasi dengan pemasok bahan baku (kilang minyak sawit atau POM, atau otoritas limbah) untuk pasokan bahan bakar dan dengan PLN dan Lembaga Indonesia lainnya untuk perizinan dan persetujuan.
- » **Risiko Peraturan**  
Dalam bentuk lisensi dan perizinan, yang mana dapat mempengaruhi biaya, pengaturan waktu, tingkat layanan, dan keuntungan kompetitif.
- » **Risiko Ekonomis**  
Tergantung pada lokasi proyek, biaya untuk bahan bakar dan faktor lainnya bisa jadi timbul lebih cepat dari yang sudah direncanakan.
- » **Risiko Berkelanjutan**  
Kemungkinan sebuah kilang atau landfill akan terus beroperasi selama jangka waktu minimal agar dapat menghasilkan pengembalian investasi. Biasanya MSW memberikan risiko yang lebih rendah, karena daerah atau wilayah tertentu diharapkan tidak akan berhenti menghasilkan sampah. Bagaimanapun potensi penurunan volume haruslah dianalisa.

### Tantangan Untuk Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas

Terdapat beberapa risiko tertentu dan potensi dampak negatif terhadap lingkungan hidup yang terlibat dalam pengembangan dan pengoperasian proyek biogas. Yang utama adalah:

- » **Biaya**  
Sistem pencernaan anaerobik dan landfill dengan sistem pengumpulan gas yang tepat membutuhkan biaya modal yang besar, dan tergantung pada teknologi, biaya O&M yang besar. Bila analisis ekonomis dan keuangan tidak cukup terperinci dan aliran pendapatan dari penggunaan biogas tidak diamankan, sistem yang terpilih mungkin pada prakteknya tidak dapat dijalankan secara keuangan.
- » **Pengelolaan Limbah**  
Pada proyek POME terpusat – proyek menangani bahan baku yang berasal dari lokasi geografis yang terpisah – akan ada risiko yang berkaitan dengan pengangkutan POME (bila AD terpusat) atau biogas (bila sebuah stasiun pembangkit terpusat).  
  
Untuk proyek landfill, penting kiranya untuk menjamin bahwa limbah akan terus dibuang selama beberapa tahun. Hal ini akan membantu menjamin pengembalian investasi. Sebagai tambahan, otoritas limbah setempat perlu untuk menyediakan suatu perjanjian dan jaminan tentang pembuangan limbah di masa yang akan datang.
- » **Kesehatan dan Keselamatan**  
Bila tidak dioperasikan dan diperlihara dengan baik, mungkin akan timbul risiko terhadap kesehatan manusia dikarenakan kandungan patogen dari bahan baku dan hasil cerna, dan juga risiko kebakaran dan ledakan.

Beberapa dari risiko ini dapat ditanggulangi melalui rincian pengembangan yang dikerjakan diawal yang akan menjamin:

- » Rancangan AD masuk akal dan disesuaikan dengan POM tertentu. Di banyak kasus, rancangan disalin dari satu fasilitas ke fasilitas lainnya tanpa mempertimbangkan matang-matang akan variabel-variabel proses seperti konsentrasi VS atau COD dan komponen lainnya yang terdapat di bahan baku (misal POME). Menggunakan rancangan yang sama tanpa memastikan bahwa teknologi tertentu adalah yang paling tepat dan tanpa adaptasi yang mencukupi dapat meningkatkan risiko kegagalan proyek.
- » Hal yang sama terjadi untuk proyek landfill; masing-masing kasus harus dianalisa secara hati-hati untuk memastikan bahwa asumsi yang tepat telah dibuat dan bahwa kandungan organik dari MSW sudah sejalan dengan apa yang diharapkan akan dibuang/ diisikan ke landfill. Untuk POME, hal ini penting untuk mencapai kinerja sistem yang diharapkan.
- » Prosedur O&M yang tepat dipahami dengan baik oleh pemilik proyek. Kurangnya O&M merupakan salah satu alasan utama proyek berkinerja buruk.
- » Analisis ekonomis dan keuangan yang teliti dengan tingkat kontijensi yang tepat pada tahap kelayakan dan menjamin aliran pendapatan jangka panjang merupakan hal yang penting dalam menjamin operasi dan kinerja proyek yang sesuai sepanjang usia pakainya.

**Tabel 15** memberikan rangkuman dari beberapa jenis risiko dengan tindakan penanggulangan yang berpotensi akan secara efektif mengurangi masing-masing risiko tersebut.

TABEL 15  
POTENSI RISIKO DAN TINDAKAN  
PENANGGULANGAN YANG DAPAT DIAMBIL

TEKNOLOGI	PERMASALAHAN YANG DIKETAHUI	PENANGGULANGAN
<b>Pasokan Bahan Baku</b>	Ketersediaan, kandungan energi, karakteristik fisik dan biologis, pengumpulan, pengangkutan, biaya (kenaikan harga)	Kontrak pasokan jangka panjang: kualitas, biaya, penentuan jumlah dan pengantaran. Produsen bahan baku sebagai pemilik saham. Periksa pasar bersaing untuk pasokan bahan baku.
<b>Teknologi</b>	Kehandalan, investasi modal dan biaya O&M, kebutuhan lahan dan spesifikasi lahan	Ikuti praktek yang terbaik, perekayasaan terstandar dan pemilihan teknologi yang paling hemat biaya. Teknologi yang telah terbukti untuk jenis bahan baku terpilih.
<b>Lingkungan Hidup &amp; Sosial</b>	Lokasi tempat, kedekatan dengan daerah tempat tinggal, masyarakat sekitar, pertimbangan-pertimbangan; Geologis (termasuk gempa bumi, banjir dan daerah rawan)	Tempat yang aman secara teknis dan memastikan parameter lingkungan hidup sudah terpenuhi misal kualitas air dan udara, kebisingan. Penerimaan oleh publik. Analisis Lingkungan Hidup (UKL, UPL). Mengundang keikutsertaan masyarakat sekitar dan menginformasikan manfaat dari proyek tersebut.
<b>Pengembang Proyek</b>	Pengalaman, ekuitas	Pengelola yang berpengalaman atau konsorsium dengan rekanan yang berpengalaman dengan pengalaman yang luas di bidang biogas, terutama di lokasi-lokasi dengan tantangan yang serupa. Menyediakan ekuitas yang mencukupi atau sumber pendapatan lainnya untuk mengelola risiko.
<b>Lokasi</b>	Jarak pengangkutan bahan baku dan jarak ke jaringan distribusi saluran pipa gas/listrik.	Pastikan bahwa lokasinya ideal dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan baku dan beban listrik. Lokasi yang aman. Idealnya pada atau dekat dengan sumber bahan baku.
<b>Hukum</b>	Banyak perizinan: usaha, lingkungan, pembangunan; kewajiban-kewajiban	Pastikan seluruh perizinan sudah dapat tersedia; tempatkan jaminan yang mencukupi.
<b>Pembangunan</b>	Penundaan	Waktu, pengaturan jadwal sumber daya dan pengelolaan proyek, asuransi.
<b>Kelebihan Biaya</b>	Biaya peralatan, biaya pembangunan, biaya penyediaan bahan bakar	Studi kelayakan yang akurat, rancangan perekayasaan dan pengelolaan proyek yang sesuai, kontrak EPC yang menyertakan tim dengan pengalaman di bidang biogas asuransi.
<b>Operasi dan Pemeliharaan</b>	Waktu istirahat mesin yang tidak diduga, material yang digunakan selama pembangunan, kehandalan peralatan, tidak adanya tim O&M yang tahu seluk beluk yang berada di dekat lokasi	Terapkan praktisi terbaik dalam operasi dan pemeliharaan, kenali tim O&M setempat atau berikan pelatihan yang memadai, ikuti spesifikasi rancangan, asuransi.
<b>Pembeli</b>	Wanprestasi pembayaran	Pembeli yang memberikan keuntungan yang baik dan dapat diterima bank

---

# 6.8

## ANALISIS EKONOMI DAN KEUANGAN PROYEK BIOGAS

---

Proyek biogas utamanya dikembangkan dengan **satu atau lebih dari tujuan berikut:**

- » Menciptakan nilai ekonomis
- » Menambahkan nilai sosial dan lingkungan hidup kepada masyarakat sekitar dengan cara mengolah limbah
- » Mengurangi ketergantungan wilayahnya akan bahan bakar fosil.

Walaupun dua poin terakhir dianggap sebagai nilai tambah, namun sudah menjadi keharusan pada sebagian besar kasus untuk mengembangkan proyek yang layak secara keuangan dan memiliki kinerja keuangan di atas rata-rata sehingga dapat menarik investor.

Karena itu, sangatlah penting sejak awal mengumpulkan perkiraan biaya yang dapat diandalkan dari pemasok/vendor yang berpengalaman, dan sepenuhnya menyadari bahwa pemilihan peralatan dan teknologi akan berdampak pada biaya O&M. Hal ini hanya bisa dicapai oleh tim yang berpengalaman yang telah terlibat dengan proyek biogas sebelumnya.

Tiga pilar yang dibicarakan dalam bab ini tidak hanya penting untuk memastikan kelayakan proyek secara teknis tapi juga sebagai dasar untuk kelayakan proyek secara keuangan. Pasokan bahan baku (Pilar 1) tidak hanya akan menjamin bahan bakar untuk proyek tapi juga berpotensi sebagai sumber pendapatan atau biaya, tergantung pada jenis bahan baku dan permintaan pasar. Dalam proyek yang menangani POME sebagai bahan bakunya, pasokan biasanya disediakan oleh kilang secara cuma-cuma.

Di sebagian besar proyek POME, penjualan dan/atau penggunaan produk yang akan dibangkitkan melalui proses pembangkit listrik tenaga biogas (Pilar 2) memainkan peran yang paling penting dalam keseluruhan kelayakan proyek secara keuangan. Produk-produk tersebut dapat digunakan atau langsung dijual kepada entitas pihak ketiga yang berminat atau sekedar menggantikan atau menutupi konsumsi internal yang mahal; di kasus yang terakhir terlihat bahwa manfaat keuangan dari proyek akan ditampilkan sebagai biaya yang dihindari oleh pemilik kilang. Untuk proyek pertanian, energi paling sering menjadi haluan yang paling utama untuk menghasilkan pendapatan (baik dalam bentuk panas, listrik atau gas). Kilang POME membutuhkan sejumlah besar energi agar dapat beroperasi; dalam beberapa kasus mereka berlokasi jauh dari jaringan tenaga listrik dan memiliki potensi untuk menutupi penggunaan sumber bahan bakar lainnya, seperti diesel. Cara lainnya, pemilik proyek dapat menjual listrik ke jaringan PLN melalui penggunaan tarif beli yang telah ditentukan sebelumnya dan PPA yang dapat menjamin penerimaan hingga 20 tahun.

Untuk proyek yang melibatkan limbah padat perkotaan sebagai bahan baku, biaya perubahan merupakan sumber penerimaan terbesar. Di beberapa kasus energi dan pupuk juga dapat berperan besar.

Penetapan lokasi and interkoneksi (Pilar 3) tidak begitu berkaitan dengan bagian penerimaan dari proyek dan lebih berkaitan dengan biaya. Hal ini berdampak besar terhadap biaya modal dan operasional yang merupakan dasar untuk membawa hasil keuangan yang positif kepada proyek.

Faktor lain yang dapat terpengaruh oleh variabel-variabel ini adalah kehandalan dan ketersediaan (jam operasi) dari kilang. Lokasi yang baik dengan akses yang mudah dan interkoneksi yang berkualitas tinggi akan lebih mungkin untuk memaksimalkan pendapatan yang dihasilkan melalui penjualan tenaga listrik atau produk sampingan lainnya.

Masing-masing proyek memiliki karakteristik, perbedaan kecil dan logistiknya masing-masing, jadi pentingnya masing-masing faktor yang disebutkan sebagaimana juga yang lain yang mungkin saja ada harus dievaluasi secara hati-hati agar dapat meninjau risiko dengan tepat.

Dibawah ini adalah **rangkuman dari tahapan-tahapan utama dari proses, kerangka waktu masing-masing, dan para pemain inti:**

- » **Proses**
  - Kajian awal dan studi pra-kelayakan
  - Studi kelayakan dan rancangan perekayasa secara terperinci
  - Pembangunan dan pemasangan
  - Start-up dan pemecahan masalah
  - O&M
  
- » **Kerangka waktu**

Pemasangan bervariasi secara signifikan, tapi di sebagian besar kasus, proyek akan dapat beroperasi kurang dari satu tahun sejak waktu pekerjaan rekayasa dimulai. Proyek danau tertutup, solusi teknologi yang paling banyak diadopsi untuk proyek POME, umumnya membutuhkan waktu antara enam dan sembilan bulan. Proyek landfill sudah siap menerima MSW dalam beberapa bulan sebagaimana dapat diperluas selagi landfill beroperasi.
  
- » **Para Pemain**
  - Penyedia teknologi (bila entitas ini berbeda dari pengembang proyek)
  - Pembiayaan – bank setempat, dana pemerintah dan subsidi
  - EPC – firma usaha perekayasa
  - O&M – pemilik proyek.

Parameter keuangan yang biasanya digunakan untuk meninjau proyek biogas merupakan parameter yang sama yang juga digunakan di sebagian besar pembangkit listrik:

- » **Input**
  - Sumber pendapatan
  - Proyeksi pendapatan berdasarkan pada nilai pasar
  - Rentang umur proyek
  - Biaya modal
  - Biaya O&M

- » **Keluaran**
  - Imbal hasil investasi
  - Laba atas investasi internal
  - Nilai bersih saat ini
  - Periode pembayaran

Biaya modal utamanya dipengaruhi oleh:

- » Teknologi yang dipilih
- » Biaya transmisi untuk sistem non-penangkapan – jarak ke jaringan / saluran pipa utilitas.

Biaya Operasi dan Pemeliharaan (tetap dan variabel) utamanya dipengaruhi oleh:

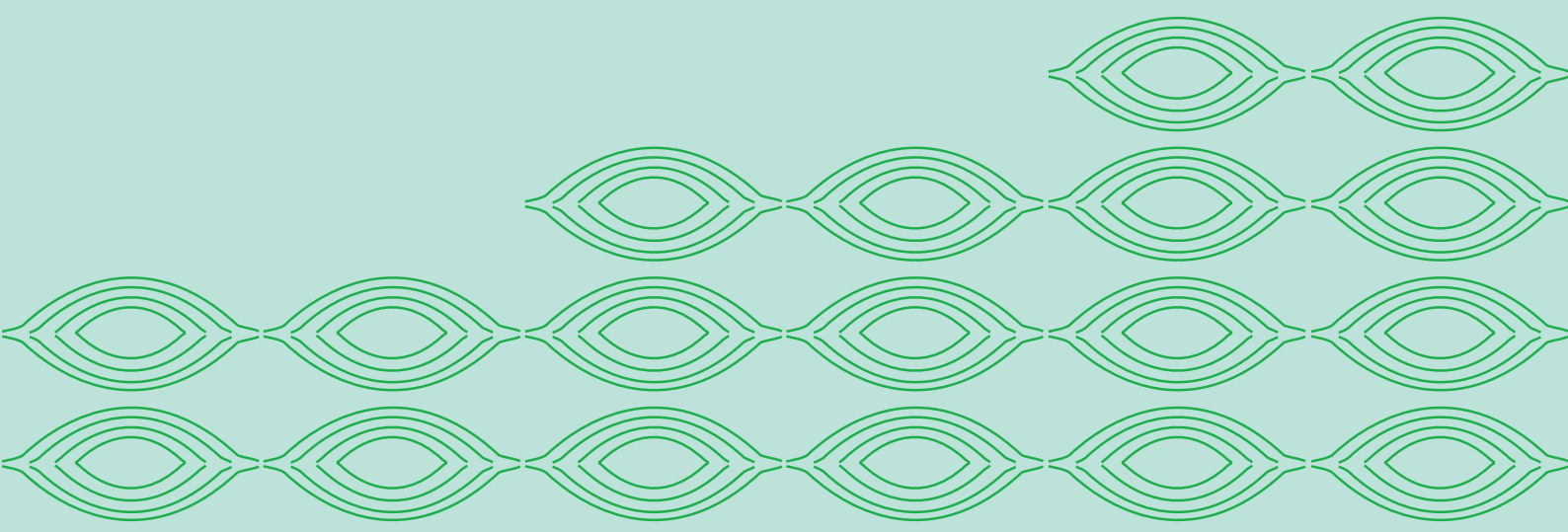
- » Kapasitas – ukuran dari fasilitas
- » Ketersediaan (jam operasional per jangka waktu) dan kehandalan teknologi.

Bahan baku dengan kandungan energi yang lebih tinggi juga dapat memberikan pendapatan yang lebih tinggi dengan jumlah kebutuhan bahan baku yang lebih rendah. Hal ini, maka dari itu, akan membutuhkan fasilitas jejak (*footprint facility*) yang lebih kecil. Bagaimanapun, banyak dari bahan baku ini juga membutuhkan peralatan tambahan agar dapat dipersiapkan dengan baik untuk digester anaerobik (dalam kasus POME), yang mana merupakan alasan lain untuk melakukan studi dan analisis secara menyeluruh pada teknologi dan sistem yang terpilih.

Sebagai kesimpulan, investasi modal utamanya tergantung kepada kapasitas pembangkit listrik, teknologi yang digunakan, vendor peralatan (beberapa lebih mahal dibanding yang lainnya), biaya kontraktor (ditentukan oleh biaya tenaga kerja setempat dan wilayah), dan kondisi-kondisi di lokasi. Pengembangan lokasi dan biaya sipil tunduk kepada lokasi dari proyek (biaya umumnya lebih tinggi di daerah terpencil). Sangat disarankan bahwa proyek ditetapkan pada 10% atau lebih dari total biaya proyek.







**BUKU PEDOMAN ENERGI BERSIH**





# 7

## LISTRIK TENAGA BIOMASSA

Listrik tenaga biomassa adalah penggunaan material tumbuhan atau hewan untuk menghasilkan listrik, panas, uap, dan/atau pendinginan. Listrik tenaga biomassa adalah sumber terbesar kedua listrik terbarukan di dunia (setelah pembangkit listrik tenaga air), dan memberikan sumbangan lebih besar untuk pembangkitan listrik daripada gabungan pembangkit listrik tenaga angin dan matahari. Secara global, sebagian besar listrik tenaga biomassa dihasilkan dari biomassa padat (misalnya, kayu) dan sejumlah kecil dari biogas, biofuel, dan limbah perkotaan.

---

# 7.1

## ASPEK KUNCI PENGEMBANGAN LISTRIK TENAGA BIOMASSA

---

Sebagai sumber energi terbarukan, biomassa lebih banyak tersedia dan dapat diandalkan dibandingkan angin dan matahari untuk produksi listrik. Biomassa memiliki keuntungan jelas dalam hal menyimpan energi - mungkin faktor keunggulannya yang paling penting dibandingkan dengan sistem energi terbarukan lainnya. Biomassa juga menawarkan solusi energi terbarukan di daerah di mana sumber-sumber terbarukan lainnya tidak tersedia.

Listrik tenaga biomassa adalah salah satu sarana yang dengannya suatu negara dapat memenuhi tujuan nasional untuk penggunaan energi bersih dan terbarukan sembari memajukan pertumbuhan ekonomi. Industri listrik tenaga biomassa berkelanjutan yang sukses juga dapat menyediakan energi listrik yang bersih, dan terbarukan untuk keperluan dalam negeri; merevitalisasi ekonomi pedesaan, mengurangi dampak terhadap lingkungan hidup dan iklim, dan menciptakan kesempatan kerja yang beragam untuk dunia agribisnis, pemilik / operator, pemasok peralatan, dan usaha kecil.

Masalah penting untuk proyek pembangkit listrik tenaga biomassa adalah bahan bakar, pasokan bahan bakar, perjanjian pembelian listrik (PPA), teknologi yang digunakan, pembiayaan, pemilihan lokasi dan masalah perizinan. Dari masalah tersebut, menjamin pasokan bahan bakar biomassa yang laik pembiayaan dan memastikan PPA biasanya merupakan kendala terbesar untuk mengembangkan proyek biomassa yang sukses. Dengan pasokan bahan bakar biomassa yang layak pembiayaan dan PPA yang dapat diterima, perolehan pembiayaan proyek biasanya dapat dicapai.

Pilihan bahan bakar mempengaruhi jenis teknologi yang digunakan untuk proyek pembangkit listrik tenaga biomassa. Bahan bakar biomassa yang umumnya tersedia di Indonesia meliputi berbagai jenis kayu, cangkang kelapa sawit, serat sawit, tandan kosong buah sawit, sekam padi, ampas tebu, jerami atau rumput, dan briket sampah atau limbah padat perkotaan (MSW). Teknologi yang paling umum digunakan adalah boiler stoker dengan turbin uap dan generator (untuk proyek yang lebih besar), dan gasifikasi dengan mesin / generator (untuk proyek yang lebih kecil).

# 7.2

## PENILAIAN BAHAN BAKAR

Penilaian bahan bakar harus dilakukan untuk memastikan bahwa ada pasokan bahan bakar yang memadai untuk proyek dan bahwa harga bahan bakar dan ketentuan lainnya akan dapat diterima. Jenis bahan bakar dan karakteristik pembakarannya juga penting. **Tabel 16** menunjukkan karakteristik bahan bakar biomassa pada umumnya untuk beberapa jenis biomassa.

**TABEL 16**  
**KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR BIOMASSA**

TIPE	LHV (KJ/KG)	MCW(%)	ACD (%)
Ampas tebu	7,700-8,000	40-60	1.7-3.8
Sekam kakao	13,000-16,000	7-9	7-14
Batok kelapa	18,000	8	4
Sekam kopi	16,000	10	0.6
Residu kapas			
Tangkai	16,000	10-20	0.1
Sampah kapas	14,000	9	12
Jagung			
Tongkol	13,000-15,000	10-20	2
Tangkai			
Residu kelapa sawit			
Batang buah-buahan	5,000	63	5
Serat	11,000	40	
Cangkang	15,000	15	
Puing Bangunan	15,000	15	
Gambut	9,000-15,000	13-15	1-20
Sekam padi	14,000	9	19
Jerami	12,000	10	4.4
Kayu	8,400-17,000	10-60	0.25-1.7
Batu bara	25,000-32,000	1-10	0.5-6

Sumber: World Bank Technical Paper 422

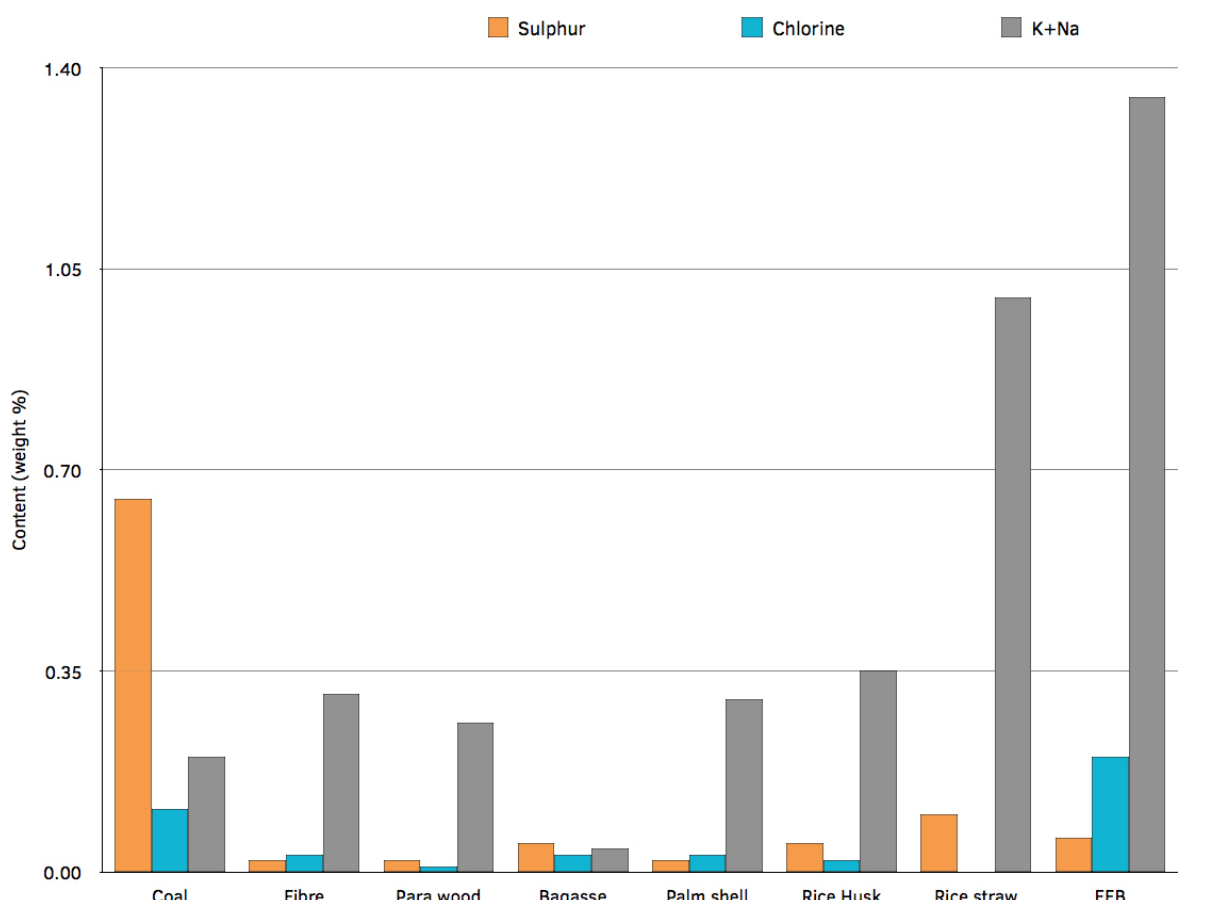
Catatan: LHV = nilai pemanasan rendah; MCw = Kandungan Kelembapan; ACd = Kandungan Abu

Ketika membakar biomassa dalam boiler, klorin dan sulfur dalam bahan bakar berakhir di gas pembakaran dan mengikis dinding boiler dan peralatan lainnya. Hal ini dapat menyebabkan kegagalan tabung boiler dan peralatan lainnya, dan pabrik harus ditutup untuk memperbaiki boiler. Sponsor proyek perlu memastikan bahwa bahan bakar tidak akan menimbulkan korosi boiler dan bahwa desain dan operasi boiler sesuai untuk bahan bakar biomassa.

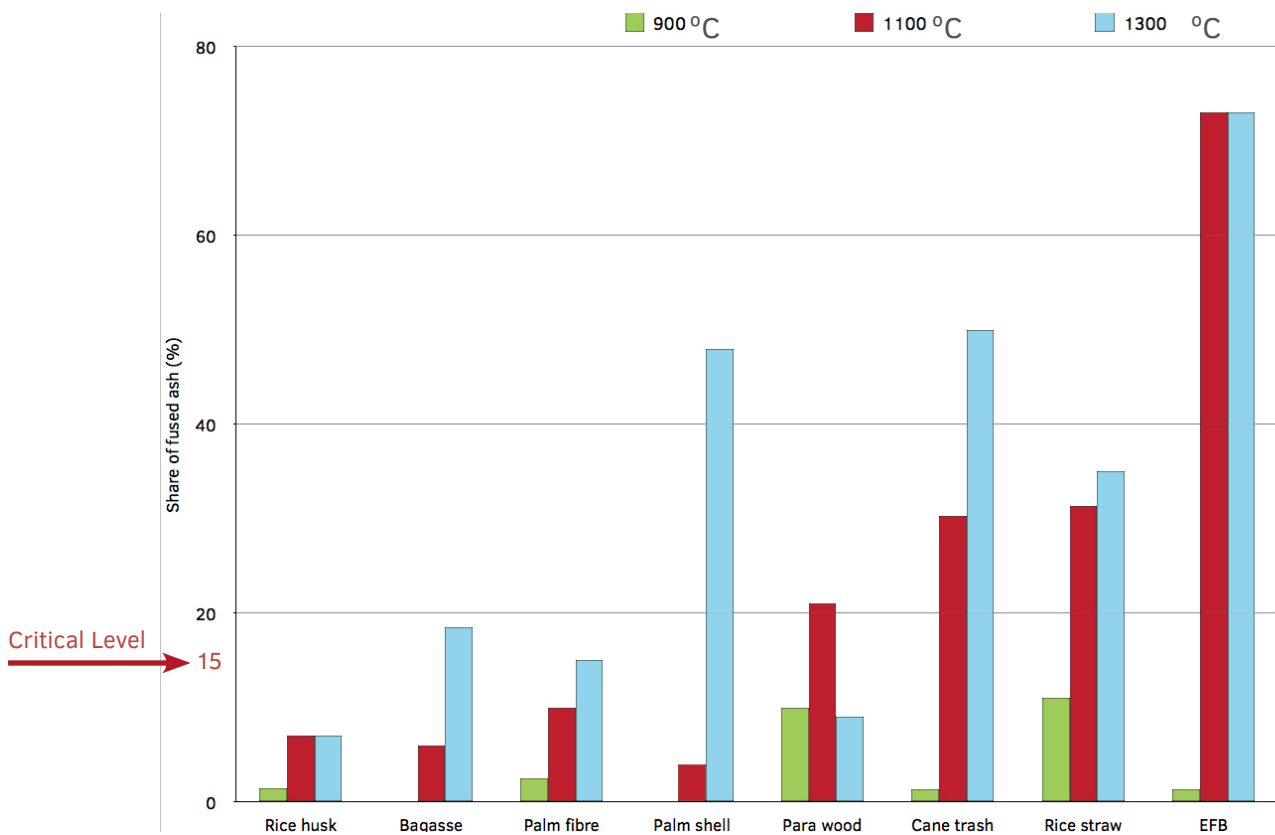
Biomassa dengan tingkat kalium dan natrium yang tinggi akan memiliki suhu fusi abu yang rendah. Ketika membakar bahan bakar dengan tingkat kalium dan natrium yang tinggi, abu yang dihasilkan bisa meleleh di dalam tungku dan mengikis efisiensi boiler. Abu yang terbang dapat menempel tabung boiler, yang juga akan menurunkan efisiensi boiler dan dapat menyebabkan kegagalan pipa boiler. Dengan suhu tungku di atas 1000 °C, tandan kosong buah, ampas tebu, dan cangkang kelapa sawit membuat abu yang lebih mencair dari bahan bakar biomassa lainnya. Sponsor proyek harus memastikan bahwa kondisi operasi boiler tidak melampaui suhu fusi abu.

**Gambar 52** menunjukkan kandungan sulfur, klorin dan kalium/natrium dari sejumlah bahan bakar boiler. **Gambar 53** menunjukkan suhu fusi abu dari sejumlah bahan bakar.

————— **GAMBAR 52** —————  
**KANDUNGAN SULFUR, KLOLIN DAN KALIUM/  
 NATRIUM DARI SEJUMLAH BAHAN BAKAR BOILER**  
 .....



————— **GAMBAR 53** —————  
**SUHU FUSI BAHAN BAKAR BIOMASSA**



Ketika desain boiler tidak sesuai untuk bahan bakar dengan suhu fusi abu rendah atau boiler beroperasi dengan tidak benar dengan bahan bakar biomassa, “klinker” akan terbentuk di dalam boiler atau gasifier. Dengan jenis boiler stoker, klinker akan menumpuk di perapian, memaksa pembangkit listrik tertutup untuk pemeliharaan. **Gambar 54** dan **55** menunjukkan panggangan stoker bersih dan panggangan kotor.

Dua komponen utama dari biaya bahan bakar biomassa adalah pengangkutan dan penyimpanan. Bahkan, sisi ekonomi proyek pembangkit listrik tenaga biomassa secara langsung berhubungan dengan jarak yang dibutuhkan untuk mengangkut biomassa dari sumber ke pembangkit listrik. Proyek yang paling layak adalah proyek yang berada di sumber bahan bakar biomassa atau terintegrasi dengan pabrik atau fasilitas pengolahan lainnya.

Bila lokasi proyek berada jauh dari sumber biomassa, sponsor proyek dapat mempertimbangkan untuk menggunakan teknologi bahan bakar yang sudah dibentuk sebelumnya untuk mengoptimalkan biaya transportasi. Mengangkut bahan bakar biomassa dengan kepadatan relatif rendah atau kadar air yang tinggi akan sangat tidak efisien. Pembentukan sebelumnya di sumber biomassa (pabrik kelapa sawit atau penggilingan padi, misalnya) dapat mengurangi biaya pengangkutan : melumat, menekan, pengeringan, dan membentuk jadi pelet adalah contoh pembentukan sebelumnya dari bahan bakar biomassa yang umum.

————— *GAMBAR 54* —————  
PANGGANGAN BOILER BERSIH



————— *GAMBAR 55* —————  
KLINKER YANG TERBENTUK DI  
PANGGANGAN BOILER



Bal dan pelet menjadikan pengangkutan lebih efisien dari pabrik kelapa sawit dan penggilingan padi ke boiler di lokasi pembangkit listrik. Pelet tahan terhadap guncangan, tidak memakan tempat, dan dapat dengan mudah terbakar dalam proses otomatis, sehingga menjadikan penggunaannya lebih efisien. Pelet dibuat dalam ekstrusi tekan keras. Bahan bakunya biasanya adalah biomassa kayu murni, tetapi tandan kosong atau sekam padi juga dapat digunakan. Kadang-kadang sedikit pengikat alami dapat ditambahkan untuk memudahkan proses. Pembuatan pelet tidak memecahkan masalah yang diciptakan oleh bahan bakar dengan suhu fusi abu yang rendah.

**Gambers 56 dan 57** menunjukkan contoh operasi pembuatan bal dan pelet.

———— *GAMBAR 56* ————  
MESIN PEMBUAT BAL



———— *GAMBAR 57* ————  
PELET BIOMASSA





---

# 7.3

## PEMILIHAN TEKNOLOGI DAN LOKASI

---

Pemilihan teknologi dan lokasi untuk proyek pembangkit listrik tenaga biomassa adalah sebuah keputusan penting. Teknologi ini harus terbukti secara komersial, sesuai untuk bahan bakar biomassa, dan juga sesuai untuk kapasitas MW dari usulan proyek. Lokasi proyek harus memiliki ruang yang cukup untuk pembangkit listrik dan untuk menyimpan penggunaan bahan bakar hingga beberapa bulan dalam beberapa hal. Lokasi ini juga harus memiliki akses ke air untuk pendinginan, dan jaringan listrik atau pengguna akhir listrik.

Investor dan pemberi pinjaman pasti ingin memastikan bahwa proyek ini menggunakan teknologi yang terbukti secara komersial. Teknologi ini harus komersial untuk bahan bakar yang akan digunakan. Sebuah teknologi yang berfungsi dengan baik dengan satu bahan bakar (seperti cangkang kelapa sawit) mungkin tidak berfungsi dengan bahan bakar lain (seperti tandan buah kosong). Suhu fusi abu merupakan karakteristik bahan bakar biomassa penting yang dapat mempengaruhi pilihan teknologi dan teknologi penjual.

Ada berbagai variasi pilihan teknologi listrik biomassa. Beberapa daripadanya telah mapan dan layak pembiayaan, seperti pembakaran langsung limbah kelapa sawit. Dua teknologi yang paling umum untuk tenaga biomassa adalah pembakaran langsung dan gasifikasi.

Pembakaran langsung biomassa adalah teknologi matang dan tersedia secara komersial. Teknologi ini menghasilkan panas, yang kemudian menghasilkan uap dalam boiler dan akhirnya menggerakkan generator turbin. Ada beberapa variasi dari pembakaran langsung biomassa:

- » **Boiler Stoker**  
Jenis boiler biasanya digunakan untuk proyek pembangkit listrik biomassa sebesar 5 sampai 50 MW. Boiler ini relatif sederhana dan menerima masukan bahan bakar yang lebih fleksibel.
- » **Boiler lapis terfluidisasi**  
Boiler ini biasanya untuk pembangkit listrik yang lebih besar dari 25 MW. Boiler ini lebih efisien dan lebih kompleks daripada boiler stoker sehingga lebih mahal. Bahan bakar yang mungkin diperlukan relatif lebih sedikit dibandingkan dengan bahan bakar untuk boiler stoker.
- » **Boiler pembakaran suspensi atau boiler pembakaran bubuk**  
Boiler ini biasanya untuk proyek pembangkit listrik yang lebih besar dari 50 MW. Efisiensi pembakarannya sebanding dengan boiler lapis terfluidisasi, tetapi kurang fleksibel dalam penggunaan bahan bakar, bahan bakarnya harus berupa partikel halus. Jenis boiler ini jarang digunakan untuk biomassa.

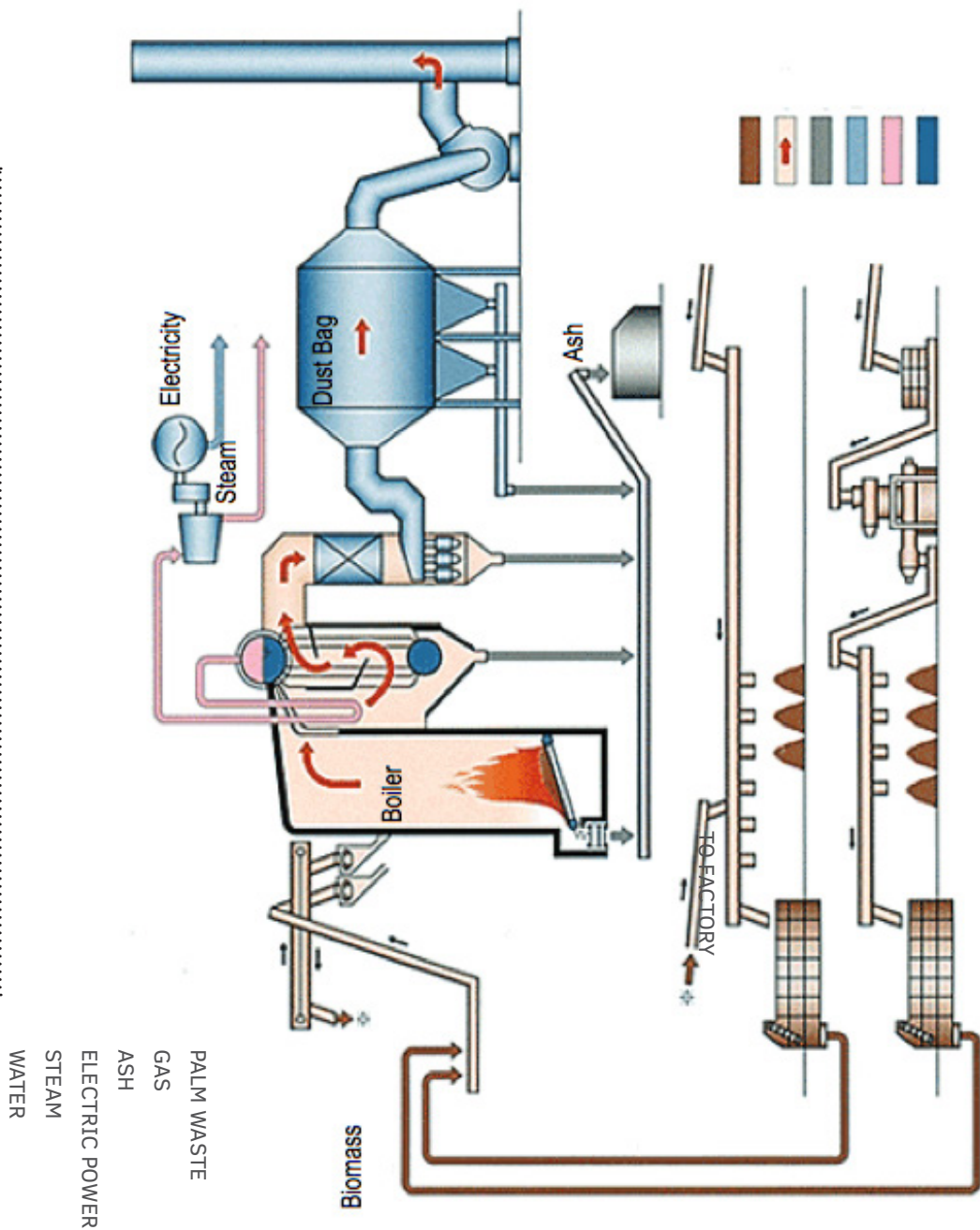
Pembakaran langsung menggunakan boiler stoker adalah teknologi matang yang telah digunakan di seluruh dunia. Oleh karenanya pemberi pinjaman dapat fokus pada pemasok peralatan untuk menentukan bankabilitas teknologi tersebut. Boiler uap biomassa handal dapat diperoleh dari: Yoshimine dan Takuma (Jepang), Vyncke (Belgia), Areva (Prancis), Eckrohrkessel (Jerman), dan Andalas dan Atmindo (Indonesia). Penggunaan boiler yang diproduksi secara lokal (buatan Indonesia di bawah lisensi dari Jepang/China) dapat menurunkan biaya

dan disaat yang sama mempertahankan spesifikasi peralatan dan standar pabrik.

Sponsor proyek harus memastikan bahwa desain boiler sesuai untuk bahan bakar yang akan digunakan. Mereka juga harus melakukan analisis yang ekstensif terhadap komposisi bahan bakar biomassa dan kandungan energi, termasuk analisis kimia untuk korosi dan kotoran boiler, suhu fusi abu rendah, dan risiko pembentukan klinker, dan menyesuaikan desain peralatan / pembangkit listrik serta kondisi operasi yang sesuai. Pemasok turbin uap kecil yang handal diantaranya adalah : Shin Nippon (Jepang), Shinko (Jepang) KKK (Jerman), Dresser Rand dan Elliott Turbo (USA), dan Jineng dan Hangzhou (Cina).

Boiler stoker pada umumnya ditunjukkan pada **Gambar 58**.

GAMBAR 58  
 MEMBANGKITKAN LISTRIK DENGAN MEMBAKAR BIOMASSA UNTUK  
 MENGHASILKAN UAP UNTUK MEMUTAR TURBIN DAN MEMBANGKITKAN LISTRIK



Source: Takuma

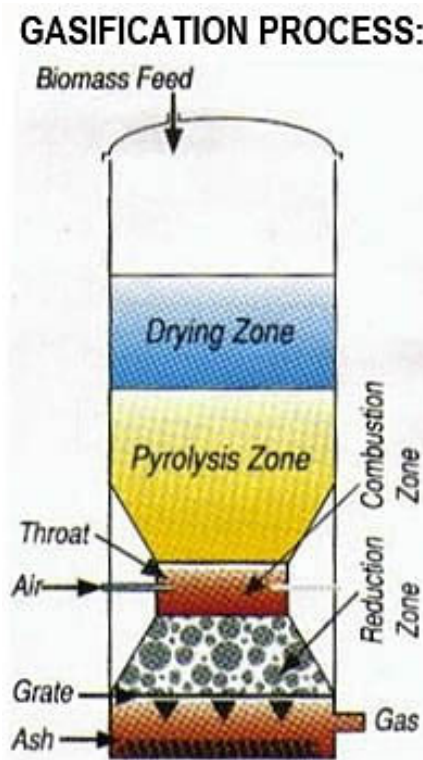
Gasifikasi biomassa adalah teknologi komersial yang relatif baru. Gasifikasi adalah pemanasan biomassa (atau bahan bakar padat lainnya) dengan suhu tinggi ( $> 700\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) dengan jumlah oksigen atau uap yang terkontrol. Gasifikasi menghasilkan gas yang mudah terbakar yang terutama terdiri dari hidrogen, karbon monoksida, dan karbon dioksida ("gas sintesis"). Gas sintesis dapat dibakar dalam mesin/generator untuk menghasilkan listrik atau dalam boiler untuk menghasilkan uap yang menggerakkan turbin/generator. Gasifier skala kecil ( $< 1\text{ MW}$ ) secara luas digunakan di seluruh Asia.

Ada beberapa variasi teknologi gasifikasi biomassa:

- » **Gasifier udara naik**  
Udara disuntikkan dari bawah ke dalam reaktor untuk menghasilkan gas yang mudah terbakar.
- » **Gasifier udara turun**  
Udara disuntikkan dari atas ke dalam reaktor untuk menghasilkan gas yang mudah terbakar. Semakin banyak instalasi skala kecil yang menggunakan sistem ini.
- » **Gasifier lapis terfluidisasi**  
Udara disuntikkan dari dasar reaktor untuk mensuspensikan bahan bakar agar menghasilkan lebih banyak gas yang mudah terbakar dan lebih sedikit karbon dioksida.

Gasifier udara turun adalah yang paling populer untuk pembangkit listrik biomassa skala kecil. Jenis gasifier ini berfungsi dengan baik untuk proyek dari 100 kW sampai sekitar 1 MW. Gasifiernya membutuhkan bahan bakar yang relatif kering ( $< 20\%$  kelembaban), dan bahan bakar dengan suhu fusi abu rendah harus dihindari. Bahan bakar harus disiapkan dengan ukuran yang konsisten. Biomassa kayu biasanya terkelupas dan biomassa halus atau residu pertanian kadang-kadang diubah menjadi pelet untuk bahan bakar.

————— *GAMBAR 59* —————  
GASIFIER UDARA TURUN

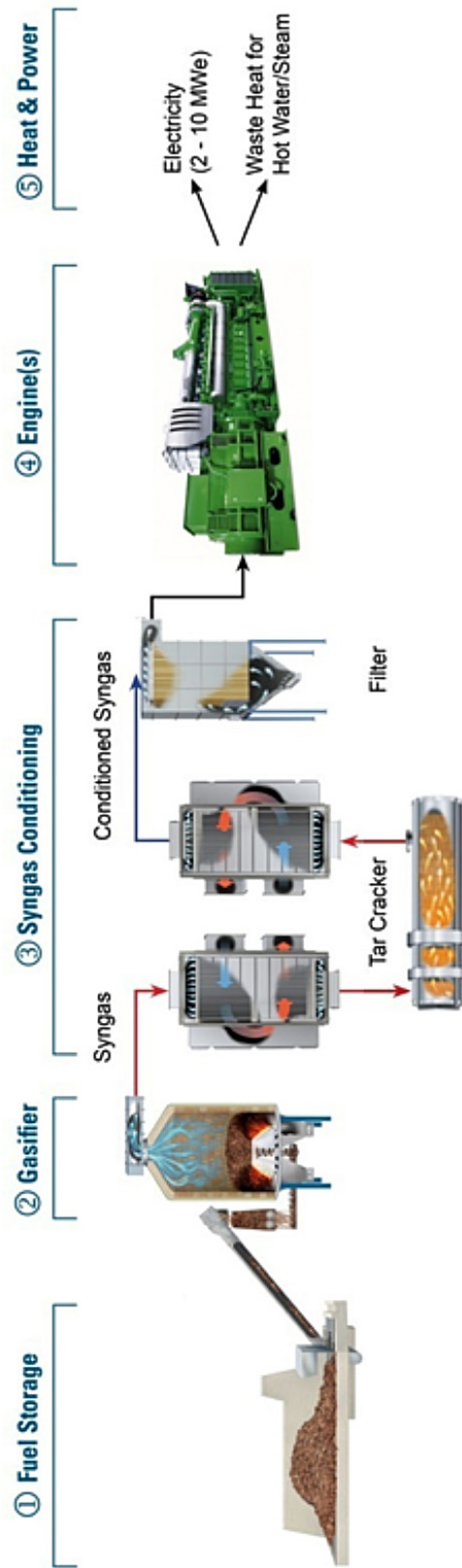


Contoh dari sistem gasifikasi biomassa untuk pembangkitan panas dan listrik dengan genset mesin ditunjukkan pada **Gambar 60**.

————— **GAMBAR 60** —————

MEMBANGKITKAN LISTRIK DENGAN MENGKONVERSI BAHAN BAKAR PADAT MENJADI  
GAS SINTESIS YANG MUDAH TERBAKAR YANG AKAN DIBAKAR DI MESIN GAS  
.....

### Nexterra Advanced Biomass Heat and Power System



**Tantangan** untuk teknologi gasifikasi meliputi:

- » Memasukkan bahan bakar ke gasifier prosesnya rumit
- » Fasilitas pengolahan aliran gas mungkin harus mendinginkan dan membersihkan ter
- » Instalasinya kompleks dan membutuhkan investasi yang besar untuk kapasitas pembangkitan rendah
- » Status teknologinya adalah tahap komersial awal
- » Gasifier sering dianggap sebagai perangkat sederhana yang dapat menghasilkan gas yang mudah terbakar dari setiap bahan bakar biomassa, tetapi banyak ahli di lapangan merekomendasikan agar gasifier dirancang secara khusus untuk jenis bahan bakar yang akan digunakan.

Pengembang proyek yang tertarik dengan teknologi gasifikasi harus mempertimbangkan hal berikut:

- » Gasifikasi mungkin lebih ekonomis dalam proyek kecil
- » Komponen alat gasifikasi lebih mudah untuk dibongkar dan dimobilisasi, oleh karena itu mungkin akan praktis untuk menggunakan gasifikasi di tempat dimana sumber bahan bakar mungkin tidak berkelanjutan dari waktu ke waktu
- » Gasifikasi dapat memberikan kemandirian di lokasi di mana bahan bakar tidak mudah diperoleh.

Perbandingan antara teknologi pembakaran langsung dan gasifikasi untuk pembangkit listrik diberikan dalam **Tabel 17**.

————— **TABEL 17** —————  
**PERBANDINGAN ANTARA TEKNOLOGI  
PEMBAKARAN LANGSUNG DAN GASIFIKASI**

	<b>PEMBAKARAN LANGSUNG</b>	<b>GASIFIKASI</b>
Fleksibilitas bahan bakar	Tinggi	Sedang
Status teknologi	Matang	Komersial awal
Ukuran umum	>5 MW	<1 MW
Reliabilitas	Tinggi	Buruk sampai wajar
Kompleksitas	Sedang	Tinggi
Aspek operasional	Cukup mudah	Sukar

Pemilihan lokasi sangat penting untuk proyek pembangkit listrik tenaga biomassa, terutama berkaitan dengan pemastian pasokan bahan baku/bahan bakar yang dapat diandalkan dalam jangka panjang. Proyek pemberi pinjaman harus memastikan bahwa lokasi proyek memenuhi **kriteria minimum berikut ini**:

- » Dekat dengan pasokan bahan baku biomassa untuk mengurangi biaya transportasi dan risiko logistik
- » Dekat dengan beban listrik (jaringan PLN) dan dengan demikian mengurangi kerugian transmisi dan biaya untuk terhubung ke jaringan
- » Tutup atau memiliki akses yang mudah ke bahan baku (untuk konstruksi) untuk mengurangi biaya transportasi dan risiko logistik
- » Memiliki kondisi tanah yang baik
- » Memiliki akses ke air berkualitas baik (untuk pendinginan)
- » Memiliki dampak lingkungan hidup yang dapat dikelola.

---

# 7.4

## INVESTASI

---

Proyek pembangkit listrik tenaga biomassa didirikan untuk menciptakan nilai ekonomi, oleh karena itu investasi modal, operasi dan pemeliharaan, dan sumber bahan bakar sangat penting untuk keberhasilannya. Beberapa **aspek utama** investasi modal, operasi & pemeliharaan, dan sumber bahan bakar adalah:

- » **Investasi modal**
  - Teknologi yang dipilih
  - Biaya transmisi: seberapa jauh dari jaringan distribusi
- » **Biaya operasi dan pemeliharaan (tetap dan berubah)**
  - Kapasitas
  - Jam operasional / tahun dan kehandalan (minimalkan kerusakan yang tak terduga)
- » **Sumber bahan bakar**
  - kandungan energi bahan bakar biomassa
  - karakteristik bahan bakar biomassa

Investasi modal tergantung pada kapasitas pembangkit listrik, teknologi yang akan digunakan, penyedia teknologi dan peralatan (ada yang lebih mahal daripada yang lain), biaya kontraktor, dan kondisi di lokasi. Pengembangan lokasi dan biaya pekerjaan sipil tergantung pada lokasi proyek (biaya di daerah terpencil biasanya lebih besar). Kontijensi proyek biasanya dalam kisaran 5 % sampai 10 % dari total biaya proyek.

**Tabel 18** menunjukkan kisaran biaya investasi berdasarkan jenis teknologi.

———— TABEL 18 ————  
**BIAYA INVESTASI BERDASARKAN JENIS  
 TEKNOLOGI PADA TAHUN 2005 (US \$/KW)**

TEKNOLOGI	SIKLUS HIDUP (TAHUN)	FAKTOR KAPASITAS (%)	KELUARAN BERSIH TERNILAI (KW)	BIAYA PROYEK (US \$;KW)					
				TEKNIK	PERALATAN DAN MATERIAL	SIPIL	PEMBANGUNAN	KONTIDENSI	TOTAL
Gasifier Biomassa 100 kW	20	80	100	70	2,490	120	70	130	2,800
Boiler Biomassa 20 MW	20	80	20,000	40	1,740	100	50	100	2,030
Boiler Biomassa 50 MW	20	80	50,000	90	1,290	170	70	80	1,700



---

# 7.5

## RISIKO TERKAIT DENGAN PROYEK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BIOMASSA

---

Proyek pembangkit listrik biomassa yang terhubung dengan jaringan listrik relatif baru di Indonesia, dimana hanya ada beberapa proyek yang beroperasi sampai saat ini. Tantangan terbesar yang dihadapi pengembang proyek pembangkit listrik biomassa di Indonesia saat ini bukanlah memperoleh semua izin yang tepat dan persetujuan proyek yang diperlukan, tetapi mendapatkan kontrak pasokan bahan bakar yang “layak pembiayaan” dan menggalang 30 % dari total kebutuhan biaya proyek dan pembiayaan yang diwajibkan oleh PLN sebelum PPA akhir dapat dikeluarkan.

**Kategori utama** risiko untuk proyek pembangkit listrik biomassa adalah:

- » Risiko pembangunan – bernegosiasi dengan pemilik biomassa untuk pasokan bahan bakar dan dengan PLN dan lembaga Indonesia lainnya untuk izin dan persetujuan.
- » Risiko Peraturan – dalam bentuk lisensi dan izin, yang dapat mempengaruhi biaya, waktu, tingkat pelayanan, dan keunggulan kompetitif.
- » Risiko ekonomi – tergantung pada lokasi proyek, biaya bahan bakar dan faktor lainnya akan naik lebih cepat dari yang direncanakan.

**Tabel 19** menunjukkan risiko spesifik proyek pembangkit listrik tenaga biomassa.

Calon pengembang proyek pembangkit listrik dan pemberi pinjaman sering menggunakan istilah “layak pembiayaan” untuk merujuk kepada pasokan bahan bakar biomassa atau kontrak pasokan biomassa yang akan diterima oleh pemberi pinjaman. Pasokan bahan bakar yang layak pembiayaan sering merupakan prasyarat untuk memperoleh pembiayaan untuk pembangkit listrik biomassa baru.

Pasokan bahan bakar biomassa yang layak pembiayaan umumnya memenuhi kriteria sebagai berikut:

- » Bahan baku harus dijamin, baik melalui kepemilikan atau kontrak, selama periode rencana usaha atau jangka waktu pinjaman. Biasanya selama 10 tahun. Adanya banyak sumber biomassa di berbagai daerah mengurangi ketergantungan pada satu pemasok.
- » Pemasok biomassa harus memiliki sarana keuangan untuk mematuhi kewajiban mereka harus mereka gagal untuk memberikan biomassa per biomassa perjanjian pasokan. Selanjutnya, instrumen keuangan harus dipisahkan dari usaha mereka sehari-hari, mungkin sebagai garansi bank atau rekening penampungan, dan / atau asuransi, untuk memastikan kompensasi pembeli secara otomatis dapat diambil dan kemudian terlindungi ketika terjadi wanprestasi kontrak.
- » Kualitas biomassa dikelola dengan baik melalui produksi untuk dikirimkan ke pembangkit listrik tenaga biomassa.

- » Pembangkit listrik tenaga biomassa membutuhkan pasokan biomassa secara konstan - sehingga pengiriman harus diatur secara jangka panjang untuk mengurangi efek dari lonjakan pengiriman dan biaya bahan bakar.
- » Pembangkit listrik harus memiliki penyimpanan biomassa untuk mengatasi gangguan jangka pendek - jumlah penyimpanan akan berbeda dari pembangkit listrik satu ke pembangkit listrik lainnya, tetapi biasanya 10 % sampai 15 % cadangan sudah memadai. Tempat penyimpanan yang aman dan layak untuk jumlah biomassa tersebut harus menjadi bagian dari rencana.
- » Kenaikan dalam kontrak akan melindungi baik pembeli dan pemasok biomassa dari pergerakan harga tiba-tiba. Pertimbangan dapat mencakup bahan bakar jalan, bahan bakar bunker, inflasi dan harga listrik. Jika terdapat indeks komoditi atau bahan baku yang dapat diandalkan, ini juga bisa dipertimbangkan.
- » Ketersediaan tepat waktu dari fasilitas yang diperlukan untuk menghubungkan proyek ke jaringan tetap menjadi tanggung jawab PLN.

————— **TABEL 19** —————  
**RISIKO PROYEK PEMBANGKIT  
 LISTRIK TENAGA BIOMASSA**

	RISIKO TERIDENTIFIKASI	PENANGGULANGAN
Pasokan Bahan Bakar	Ketersediaan, kandungan energi, karakteristik fisika dan kimia, pengumpulan, pengangkutan, biaya (eskalasi harga)	Kontrak pasokan biomassa jangka panjang : kualitas, biaya, kuantitas dan pengiriman. Produsen biomassa sebagai pemegang saham. Periksa pasar saingan untuk pasokan biomassa.
Teknologi	Keandalan, investasi modal dan biaya operasi dan perawatan, kebutuhan ruang	Ikuti praktik, standar teknik terbaik dan gunakan teknologi dengan biaya yang paling efektif. Teknologi terbukti untuk jenis biomassa yang dipilih.
Lingkungan hidup dan sosial	Lokasi, kedekatan dengan pemukiman penduduk	Gunakan peralatan yang secara teknis aman dan pastikan parameter lingkungan hidup dipatuhi yaitu udara, kualitas air limbah, kebisingan. Penerimaan publik, Analisis Lingkungan Hidup (UKL, UPL).
Pengembang proyek	Pengalaman, modal	Manajemen berpengalaman atau konsorsium dengan mitra yang berpengalaman. Sediakan modal atau sumber pendapatan lain yang cukup untuk mengelola risiko.
Lokasi	Jarak transportasi bahan bakar dan jarak ke jaringan distribusi listrik	Pastikan bahwa lokasi ideal dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan bakar dan beban listrik. Amankan Lokasi. Idealnya lokasi tersebut berada di atau dekat dengan sumber biomassa.
Legal	Banyak izin : bisnis, lingkungan, konstruksi	Pastikan semua izin tersedia
Konstruksi	Keterlambatan	Waktu, penjadwalan sumber daya dan manajemen proyek. Asuransi
Limpasan biaya	Biaya peralatan, biaya konstruksi, biaya persiapan bahan bakar	Studi kelayakan yang akurat, desain teknik dan manajemen proyek yang tepat, kontrak EPC, asuransi.
Operasional dan Perawatan	Waktu kerusakan tak terduga, material yang digunakan selama konstruksi, reliabilitas peralatan	Laksanakan praktik terbaik dalam operasi dan pemeliharaan, ikuti spesifikasi desain, asuransi.
Pembeli	Kelalaian pembayaran	Pembeli dengan laba yang baik dan laik pembiayaan



**BUKU PEDOMAN ENERGI BERSIH**

# 8

## LISTRIK DARI TENAGA SURYA FOTOVOLTAIK

Sejak sepuluh tahun terakhir telah terlihat jumlah penyebaran yang cukup signifikan dari Proyek Pembangkit Listrik Tenaga Surya Fotovoltaik yang belum pernah terjadi sebelumnya di seluruh dunia dengan kenaikan yang sangat tinggi dalam pemakaian energi surya sebagai sumber listrik di perumahan, fasilitas bangunan komersial, dan jaringan listrik terkoneksi. Banyak perusahaan menawarkan berbagai pelayanan terkait dengan tenaga surya, mulai dari penyediaan panel dan peralatan listrik, sampai dengan sistem penunjang, struktur *carport*, pemantauan, konstruksi dan pemeliharaan. Perusahaan asuransi semakin lebih memahami kinerja sistem dan menawarkan produk-produk yang bergaransi dengan berbagai tingkatan risiko. Investasi ini telah mempengaruhi pasar, kesemuanya adalah untuk manfaat investor dan pemakai sistem tenaga surya fotovoltaik.

---

# 8.1

## TINJAUAN UMUM

---

Manfaat investasi ini meliputi:

1. Masuknya pebisnis besar dan kecil yang menyediakan produk berkualitas mulai dari panel surya fotovoltaik sampai dengan inverter, sistem penyeimbang serta sistem pemantauan dan jasa EPC (Rekayasa, Pengadaan dan Konstruksi).
2. Produk yang secara signifikan lebih bervariasi dan dengan rentang yang lebih besar daripada beberapa tahun yang lalu.
3. Pengembangan pedoman internasional, standar dan protokol pengujian yang lebih ketat.
4. Penurunan harga material dan proyek yang sangat signifikan.
5. Tingkat pemahaman teknis pemberi jasa yang semakin berkembang pada rancangan sistem dan implementasinya.
6. Pertumbuhan pemodelan sistem yang lebih handal dan peningkatan jumlah koleksi data potensi tenaga surya.
7. Tingkat percaya diri pengembang/investor yang semakin baik untuk proyek tenaga surya fotovoltaik yang mampu dibiayai oleh bank.

Keuntungan dari Sistem Tenaga Surya Fotovoltaik adalah mudah diinstalasi di berbagai lokasi dan dengan berbagai ukuran dan kapasitas. Keistimewaan seperti ini tidak dimiliki oleh sistem tenaga lainnya karena memerlukan investasi minimum, seperti untuk perizinan, infrastruktur bahan bakar (misalnya pipa), dan pekerjaan sipil, sebelum proyek akan dibangun. Sebagai perbandingan, proyek tenaga angin memerlukan studi angin yang sangat ekstensif. Proyek tenaga panas bumi yang memerlukan penelitian potensi sumber daya panas bumi dan studi pengeboran sumur yang umumnya sangat mahal. Sebagai pengecualian adalah proyek pembangkit tenaga diesel, dapat dibangun dimana saja, akan tetapi mempunyai tantangan yaitu ketergantungan sepenuhnya pada beban biaya bahan bakar diesel dan pengoperasian dan pemeliharaan proyek serta adanya efek polusi dan kebisingan.

Pengembangan proyek tenaga surya fotovoltaik di Indonesia bisa menjadi bisnis yang menarik, dengan **beberapa keuntungan**, terutama karena berada di wilayah kepulauan:

- » Tingkat radiasi sinar surya yang konsisten sepanjang tahun
- » Listrik yang diproduksi tidak memerlukan transportasi laut dan bahan bakar cair
- » Walaupun diperlukan, pemeliharaan relatif sangat minimal/rendah
- » Sistem pemantauan dapat dilakukan dengan jarak jauh melalui internet
- » Daerah yang tidak memiliki jaringan interkoneksi dapat berfungsi sebagai pembangkit listrik yang berdiri sendiri.

Meskipun pertumbuhan penyebaran proyek di pasar utama seperti Amerika Serikat (AS) dan Eropa telah berlanjut, pertumbuhan tersebut belum diikuti dengan ekspansi produk tenaga surya fotovoltaik dan penyedia layananannya. Hal ini menyebabkan kelebihan pasokan, yang mengarah kepada harga yang kompetitif dan pengembangan produk yang lebih baik seiring perkembangan pasar. Selain itu hal tersebut juga menyebabkan penyedia layanan dan produk yang kompetitif dan kompeten ini mencari pasar baru. Hal ini pada gilirannya akan menguntungkan program tenaga surya fotovoltaik yang baru dibuka di Indonesia.

# 8.2

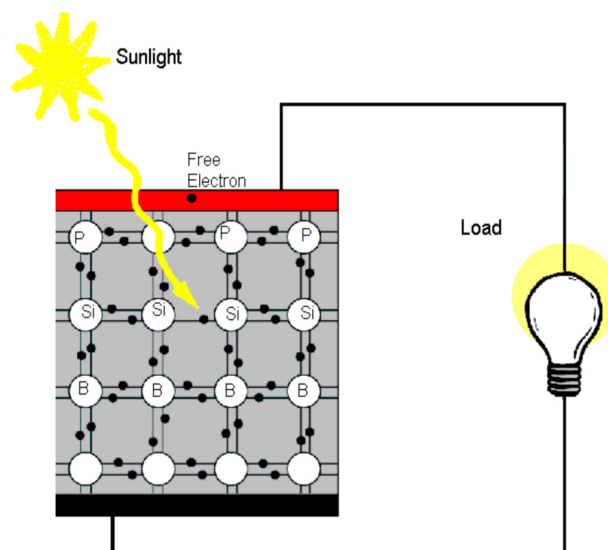
## EFEK FOTOVOLTAIK DAN PRINSIP DASAR SISTEM FOTOVOLTAIK

Energi Surya banyak digunakan untuk beberapa keperluan seperti untuk pemanasan sistem pemanas air, atau digunakan bersama dengan kolektor surya untuk membangkitkan uap yang digunakan untuk menggerakkan sistem turbin pembangkit listrik. Sistem Tenaga Surya Fotovoltaik mengkonversi radiasi surya/sinar matahari menjadi listrik melalui efek fotovoltaik, suatu fenomena yang telah diterapkan untuk penggunaan komersial dan ilmiah selama beberapa dekade. Awal penggunaan sistem tenaga surya fotovoltaik adalah untuk sistem satelit diruang angkasa, yang dimulai sejak tahun 1950-an, dimana tenaga listrik yang handal diperlukan akan tetapi ruang penyimpanan bahan bakar tidak tersedia. Walaupun saat ini biaya sistem tenaga surya fotovoltaik masih tergolong tinggi, sistem ini dianggap cukup handal untuk memberi tenaga listrik pada satelit yang mengorbit bumi.

Ketika foton sinar matahari mengenai permukaan sel fotovoltaik (atau surya), energi diberikan oleh elektron-elektron pada sel akan “mengetuk” sel tersebut secara langsung. Ketukan ini berarti energi dari foton menciptakan arus listrik ketika mengenai bahan tertentu. Elektron bebas kemudian mengalir. Sel fotovoltaik yang terdiri dari substrat silikon yang menerima foton, dengan sangat efisien menciptakan proses konversi ini. (Substrat lainnya seperti Cadmium juga secara komersial layak untuk digunakan.) Sel fotovoltaik dirancang sedemikian rupa sehingga ketika elektron mengalir maka pada substrat disediakan jalur konduksi listrik melalui desain sirkuit yang biasanya terletak di belakang sel. Sel-sel ini saling terhubung dalam modul surya fotovoltaik sedemikian rupa sehingga ada jumlah nominal arus dan tegangan yang dihasilkan per modul.

GAMBAR 61  
EFEK FOTOVOLTAIK DAN SEL PV

Atom Phospor mempunyai satu elektron lebih banyak dibandingkan dengan atom Silikon, dan atom Boron mempunyai lebih sedikit satu elektron. Ketika material tersebut menggantikan kristal Silikon, maka akan terbentuk medan listrik yang mengalirkan elektron yang terbebas dari energi cahaya dan menuju ke beban. Tidak ada material yang terpakai sehingga proses dapat berlangsung terus-menerus.



---

## 8.2.1 // PENGUMPULAN TENAGA SURYA

---

Aplikasi tenaga surya yang umum lainnya meliputi sistem Pengumpul Tenaga Surya Termal (*Concentrating Solar Power/CSP system*) atau sistem Pengumpul Tenaga Surya Fotovoltaik (*Concentrating Photovoltaik/CPV system*). Sistem ini memfokuskan cahaya dari penerima yang besar ke area yang lebih kecil, dengan demikian mengkonsentrasikan sumber cahaya untuk menghasilkan panas (CSP) atau untuk meningkatkan intensitas radiasi surya pada sel fotovoltaik. Beberapa sistem konsentrator umum yang menggunakan sinar matahari secara langsung adalah untuk pemanas air, dan terlihat dalam berbagai ukuran dari skala kecil untuk perumahan sampai dengan skala komersial. Teknologi CSP untuk pembangkit listrik biasanya adalah sistem yang berukuran dan berkapasitas besar yang dirancang untuk membangkitkan uap untuk turbin uap. Demikian pula, sistem CPV biasanya mengandalkan pelacak bercula yang didukung oleh landasan yang besar, dan karena itu digunakan hanya dalam aplikasi komersial dan skala besar. Sistem CPV awalnya dikembangkan untuk mengurangi jumlah sel surya yang diperlukan. Konsep ini ekonomis pada saat biaya modul Fotovoltaik jauh lebih tinggi, tetapi karena biaya modul secara signifikan semakin menurun sehingga membuat sistem CPV kurang menarik. Sistem konsentrator panas matahari dikembangkan dengan alasan yang sama, namun pengembangannya juga menurun karena biaya sistem fotovoltaik yang tradisional semakin menurun.

————— GAMBAR 62 —————  
SISTEM PENGUMPUL PANAS  
PARABOLA SURYA

---



Cermin parabola memanaskan cairan didalam pipa.  
Sumber: SkyFuel Inc



---

## 8.2.2 // SUMBER TENAGA SURYA

---

Seperti halnya energi angin dan energi panas bumi, keluaran sistem energi surya adalah fungsi dari sumber daya alam yang memberikan tenaga terbarukan pada sistem. Untuk rangkaian sel surya, sinar matahari merupakan sumber energinya namun demikian, pengukuran sumber energi ini pada setiap lokasi, mengkonversikannya menjadi keluaran yang setara, serta memprediksi keluarannya sepanjang dua puluh tahun kedepan tentu sangat tergantung kepada data dan teknik pemodelan yang tepat.

Sangat penting untuk memahami standar dan unit untuk mengukur jumlah energi matahari yang tersedia di lokasi tertentu selama periode waktu tertentu. Istilah-istilah umum yang digunakan meliputi:

- » **Iradiasi**  
Intensitas cahaya matahari sesaat, diukur dalam watt/m<sup>2</sup>. Nilainya berubah sepanjang hari dan sangat tergantung kepada sudut matahari dan kondisi atmosfer yang akan meningkatkan atau menghalangi sinar matahari.
- » **Isolasi**  
Jumlah energi matahari selama periode waktu tertentu, diukur dalam Watt/jam atau kilowatt-jam per meter persegi. Satuan Insolation adalah kilowatt-jam/m<sup>2</sup>-hari atau bulan, tergantung pada kebutuhan laporan.
- » **Jam Puncak Matahari**  
Adalah ukuran dari isolasi yang menunjukkan waktu ekuivalen per hari di mana iradiasi rata-rata 1000 W/m<sup>2</sup> (iradiasi maksimum permukaan). Dengan demikian daerah dengan tingkat Jam Puncak Matahari rata-rata tinggi (misalnya, 6.15 kWh/m<sup>2</sup>/hari) akan menerima isolasi tenaga surya lebih besar dari daerah dengan tingkat Jam Puncak Matahari lebih rendah (misalnya, 4,5 kWh/m<sup>2</sup>/hari).

Daerah dengan jumlah langit cerah sepanjang tahun dapat menghasilkan listrik tenaga surya lebih besar daripada daerah yang berawan. Untungnya, model dan metode untuk menghitung variasi cuaca di setiap wilayah telah tersedia. Besarnya sumber daya surya ditentukan melalui berbagai proses pengumpulan data jangka panjang termasuk satelit dan stasiun pemantau surya terestrial di seluruh dunia. Melalui pemodelan numerik data surya puluhan tahun, para ahli dapat memprediksi Jam Puncak Matahari, Isolasi dan Iradiasi untuk memperkirakan akurasi keluaran proyek dan model finansial sebagai dasar untuk investasi proyek. Alat pemodelan seperti situs website NASA-Langley Distributed Archive atau Laboratorium Energi Terbarukan Nasional (NREL) Departemen Energi Amerika Serikat, atau kepemilikan swasta dapat dibeli. Perlu dicatat bahwa investor tenaga surya harus memahami kualitas dan relevansi data yang digunakan untuk memprediksi kinerja proyek tenaga surya. Sebagai contoh, beberapa negara memiliki stasiun pengumpulan data yang lebih sedikit daripada negara lainnya, dan prediksi yang didasarkan pada data dari lokasi yang jauh dari proyek kemungkinan akan tidak akurat jika ada variasi lokal untuk cuaca.

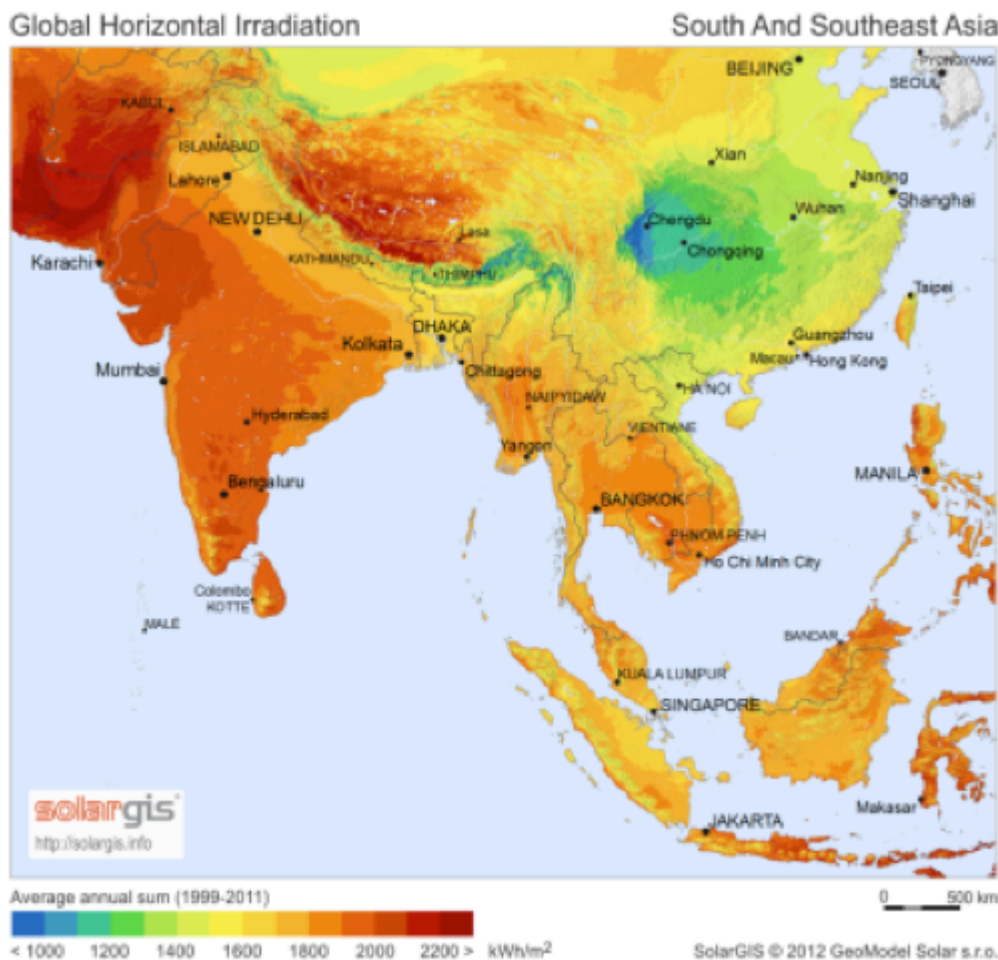
Perlu diingat bahwa tidak seperti sistem pengumpul tenaga surya, modul panel surya fotovoltaik tradisional selalu berfungsi dengan segala bentuk energi fotovoltaik. Oleh karena itu sinar matahari, baik langsung atau menyebar akan menghasilkan arus listrik. Hari yang berawan akan menghasilkan listrik yang sama seperti yang akan dihasilkan dari cahaya yang terpantul dari permukaan lainnya seperti ladang, bangunan dan salju (tanah yang tertutup salju kadang-kadang dapat menyebabkan panel menghasilkan tegangan dan arus di atas kapasitas sistem yang dimungkinkan dan hal ini harus dipertimbangkan oleh insinyur desain).

Energi fotovoltaik pada permukaan adalah ukuran dari faktor-faktor berikut:

- » **Direct Normal Incident (DNI) Irradiation**  
DNI merupakan komponen iradiasi yang mencapai permukaan bumi horisontal tanpa kerugian atmosfer karena hamburan atau penyerapan. Sistem CSP dan CPV bergantung sepenuhnya pada DNI.
- » **Diffuse Horizontal Irradiation (DHI)**  
Difuse adalah komponen iradiasi yang mencapai permukaan bumi horisontal sebagai hasil dari sebaran molekul udara, partikel aerosol, awan partikel atau partikel lainnya. Tanpa adanya atmosfer maka tidak ada difuse iradiasi horisontal.
- » **Global Horizontal Irradiation (GHI)**  
 $GHI = \text{Direct Normal Irradiation (DNI)} + \text{horizontal iradiasi difuse (DIF)}$ .

Modul Fotovoltaik yang bereaksi terhadap GHI, meliputi baik DNI dan DHI. Sistem pengumpul hanya bereaksi terhadap DNI. Inilah sebabnya mengapa daerah kering lebih dekat ke ekuator (Afrika Utara, barat daya USA) merupakan daerah yang cocok untuk teknologi CSP, sedangkan daerah-daerah basah (Tenggara USA, Asia Tenggara) akan lebih cocok untuk sistem fotovoltaik.

————— GAMBAR 63 —————  
RADIASI GLOBAL HORIZONTAL DI  
ASIA TENGGARA



---

### 8.2.3 // GEOMETRI SURYA

---

Kemampuan sistem tenaga surya fotovoltaik untuk menangkap sumber energi surya yang tersedia (Isolasi) di lokasi yang diberikan, sebagian besar didorong oleh interaksi antara posisi matahari sebagai sumber energi surya dan posisi modul sebagai penerima energi surya. Idealnya modul harus menghadap sejajar sehingga matahari dalam posisi tegak lurus menghadap permukaan modul, tetapi karena adanya perubahan posisi matahari setiap hari dan setiap tahun serta variasi terhadap lokasi, maka perhatian harus difokuskan pada peletakan susunan panel surya.

Seperti yang akan dijelaskan disini, sistem pelacakan dirancang untuk memberikan pilihan optimum pengumpulan sumber energi surya terhadap biaya sistem tersebut. Sangat penting untuk mempertimbangkan dasar-dasar praktek terbaik penentuan peletakan sistem tenaga surya fotovoltaik dengan tujuan untuk menemukan solusi optimal.

#### **Sudut Asimut Surya**

Hubungan horisontal posisi matahari relatif terhadap permukaan modul. Untuk susunan panel surya yang berada di sebelah Utara garis Khatulistiwa, sudut asimut surya tipikal untuk sistem yang terpasang tetap, tidak terhalangi/shading adalah menghadap kearah Selatan (180 derajat). (Sistem pelacakan mengikuti lintasan matahari, tetapi masih harus berorientasi pada garis ufuk matahari. Lihat subbab sistem pelacakan.) Untuk susunan panel surya yang berada disebelah Selatan garis Khatulistiwa, sudut asimut surya tipikal sistem yang terpasang tetap, tidak terhalangi/shading adalah menghadap kearah Utara (0 derajat). Perlu dicatat bahwa posisi asimut didasarkan pada arah "*True North*" atau arah "*True South*" versus arah medan magnetik Utara atau arah medan magnetik Selatan. Oleh karena itu deklinasi/penyimpangan magnetik untuk suatu lokasi tertentu harus dipertimbangkan ketika menggunakan alat penentuan peletakan (seperti Kompas dasar) yang belum dikalibrasi.

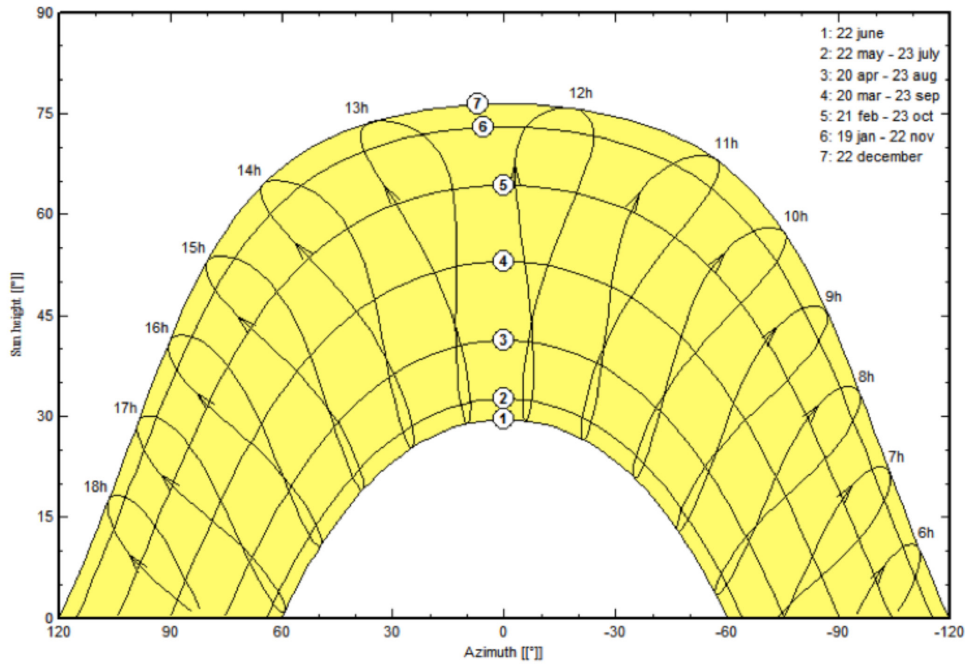
#### **Sudut Ketinggian Surya**

Adalah sudut dari horisontal (horizon) kearah matahari dalam derajat ketika matahari naik dan turun selama sehari. Sudut ini adalah komponen vertikal posisi matahari dan sudut ini bervariasi dari waktu ke waktu setiap tahun dan dalam kaitannya dengan posisi proyek pada permukaan bumi.

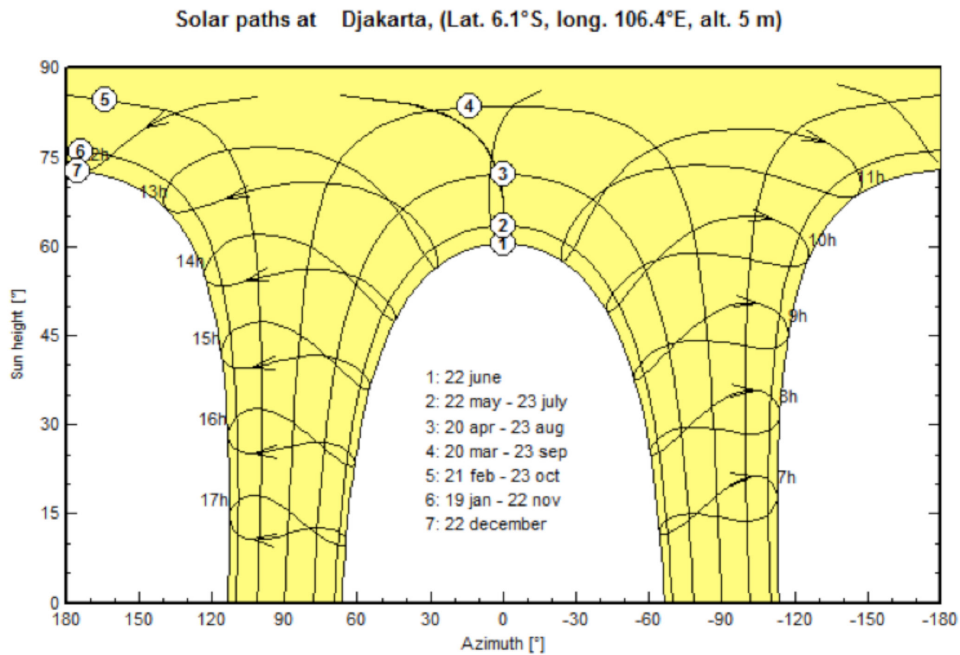
Jarak dari lokasi proyek ke garis Khatulistiwa adalah salah satu faktor yang menentukan sensitivitas susunan panel surya pada penyesuaiannya kearah *True South* atau *True North*. Panel surya yang lebih dekat ke garis Khatulistiwa tidak terlalu dipengaruhi sudut asimut, berbeda dengan panel surya yang berada pada lintang yang lebih tinggi atau lebih rendah. Hambatan atau isu-isu spesifik dapat juga mempengaruhi keputusan untuk menyesuaikan susunan panel surya ke arah asimut tertentu. Sebagai contoh, sebuah lokasi yang sangat tepat mungkin terkena shading bangunan atau hutan. Susunan panel surya yang dipasang pada garasi sering sejajar dengan panjang baris parkir. Susunan panel surya jenis atap sering sejajar dengan panjang bangunan. Perubahan yang sangat signifikan pada temperatur udara lingkungan mengindikasikan bahwa orientasi susunan panel sebaiknya kearah Timur atau Barat.

GRAFIK JALUR SURYA

Solar paths at Auckland, (Lat. 37.0°S, long. 174.8°E, alt. 1 m)



Lintasan matahari selama setahun untuk Auckland ditampilkan **Gambar 64**. Panel surya harus menghadap kearah ini. Asimut optimal untuk sistem yang terpasang dengan kemiringan tetap di belahan bumi Selatan biasanya pada arah Utara dengan sudut 0°. Karena posisi lintang Auckland, sudut lintang ketinggian matahari (ketinggian matahari) tidak pernah mencapai lebih dari 90° dari horisontal. Karena itu pilihan yang lebih tepat adalah pada sudut kemiringan yang lebih tinggi yang menghadap kearah Utara.



Gambar 64 di atas menunjukkan jejak tahunan matahari di atas kota Jakarta. Perhatikan bahwa sudut asimut matahari sejajar dengan sudut 0° ke arah Utara. Ketinggian matahari melebar di atas 90° dari horisontal dari bulan Februari sampai Desember. Untuk alasan ini, sudut kemiringan yang lebih rendah menjadi pilihan yang tepat.

#### Sudut Kemiringan Susunan Panel Surya

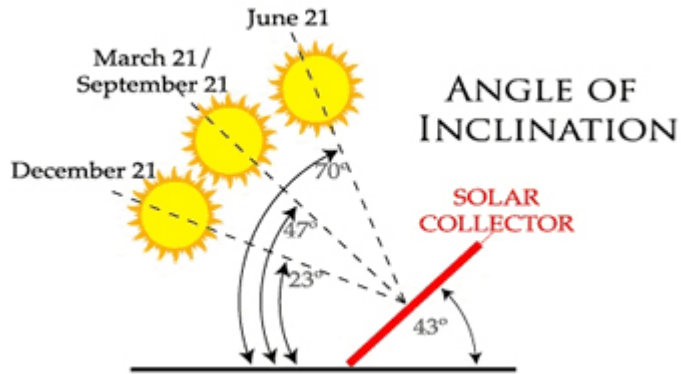
Juga dikenal sebagai sudut inklinasi, sudut ini adalah sudut susunan panel surya yang diukur secara horisontal. Untuk menjaga orientasi tegak lurus permukaan panel ke arah matahari, sudut kemiringan susunan panel sama dengan 90 derajat minus Sudut Ketinggian Mathari. Sebagai contoh misalnya susunan panel surya yang terpasang tetap dan tak terhalang di belahan Selatan dengan sudut kemiringan 20 derajat menghadap ke arah Utara pada sudut 0 derajat. Pada saat tertentu selama setahun ketika Sudut Ketinggian Matahari sama dengan 70 derajat di siang hari (saat matahari berada di *True North*), matahari akan berada tegak lurus (90 derajat) dari permukaan modul. Namun demikian, skenario ini terjadi hanya sesaat yaitu dalam kasus susunan panel surya yang terpasang tetap.

Oleh karena itu perancang susunan panel surya harus mempertimbangkan seluruh lintasan matahari, batasan lokasi, dan pertimbangan biaya (lihat subbab modul surya yang terpasang tetap) ketika memutuskan bagaimana mengarahkan susunan panel surya yang terbaik.

Seperti dapat dilihat dalam simulasi di bawah ini, sudut kemiringan optimal bervariasi sepanjang tahun untuk lokasi yang berbeda (lihat **Gambar 65 and 66**).

Sesuai dengan pembahasan sudut asimut, penempatan modul di lintang dekat khatulistiwa cenderung memiliki sudut kemiringan susunan panel yang rendah. Penempatan modul di lintang yang lebih dekat ke kutub mengarah ke sudut kemiringan yang lebih tinggi. Namun demikian perlu dicatat bahwa sudut kemiringan juga berdampak pada pembebanan angin yang dapat membatasi pilihan untuk mengoptimalkan output pada sudut lintang yang lebih tinggi atau lebih rendah. Untuk lokasi yang dekat dengan garis khatulistiwa, sudut kemiringan minimal 5 sampai dengan 10 derajat sangat dianjurkan untuk melancarkan limpasan air hujan dan mengurangi akumulasi debu dan kotoran.

————— *GAMBAR 65* —————  
 PENGUMPUL SURYA  
 SUDUT INKLINASI  
 .....



————— *GAMBAR 66* —————  
 SUDUT KEMIRINGAN  
 PADA POSISI LINTANG YANG BERBEDA  
 .....



Proyek Tenaga Surya Fotovoltaik di Afrika yang dekat dengan garis Khatulistiwa – sudut kemiringan tinggi.  
 Sumber Foto: Dan Jordan



Proyek Tenaga Surya Fotovoltaik di Utara Amerika – sudut kemiringan rendah.  
 Sumber Foto: Dan Jordan

---

# 8.3

## TEKNOLOGI DAN KOMPONEN KELISTRIKAN

---

Komponen utama pembangkit listrik tenaga surya fotovoltaik adalah modul surya fotovoltaik, inverter dan transformator untuk sistem yang terhubung dengan jaringan atau yang memasok listrik AC, kabel listrik dan perangkat pelindung seperti sekering, sirkuit pemutus dan saklar, dan sistem monitoring/pemantauan.

---

### 8.3.1 // MODUL SURYA FOTOVOLTAIK

---

Modul surya fotovoltaik (atau panel) membentuk blok bangunan sistem tenaga surya fotovoltaik. Modul adalah rumah dari sel fotovoltaik dan menyediakan landasan untuk kelangsungan efek fotovoltaik.

Modul fotovoltaik dinilai melalui kemampuannya untuk mengkonversi sinar matahari menjadi jumlah tertentu listrik DC. Fungsi ini adalah sebagian dari fungsi sejumlah sel-sel fotovoltaik pada modul dan efisiensi konversi masing-masing sel. Misalnya, jenis modul oleh produsen tertentu dengan enam puluh (60) sel fotovoltaik mungkin memiliki nilai output 250 watt. Produsen yang sama juga mungkin memiliki modul serupa yang terbuat dari tujuh puluh dua (72) sel fotovoltaik. Maka modul tersebut akan dinilai mempunyai output 300 watt.

Efisiensi modul bervariasi berdasarkan pilihan teknologi yang digunakan dan produsennya; namun demikian, efisiensi modul berdasarkan jenis teknologinya **dikategorikan sebagai berikut:**

- » **Crystalline** - efisiensi konversi 12% - 20%
  - Mono-Crystalline - paling mahal, paling efisien
  - Poly-Crystalline – sedikit lebih mahal, sedikit kurang efisien
- » **Non-Crystalline** (film tipis) – dengan efisiensi konversi 6% - 14%
  - *Amorphous silikon*
  - *Copper Indium Gallium Selenium (CIGS)*
  - *Cadmium Telluride (CdTe)*

Dua cara penentuan kapasitas atau rating pada modul surya fotovoltaik yaitu Pengujian Kondisi Standar atau *Standard Test Condition* (STC) dan Pengujian Kondisi Fotovoltaik USA atau PV USA Test Condition (PTC). Kapasitas modul ditentukan oleh pabrik pembuat modul setelah produk melalui pengujian dalam lingkungan yang dikondisikan. Pengujian dengan kondisi PTC umumnya dianggap pengujian yang lebih mewakili kondisi sebenarnya dan karena itu sering digunakan ketika mengajukan permohonan untuk mendapatkan insentif (khususnya di beberapa negara bagian di Amerika Serikat), namun demikian, kebanyakan model kinerja dari modul surya fotovoltaik menggunakan STC dalam menghitung output energi listrik (kWh) dan pengaturan

penyesuaiannya. Pengujian rating dengan STC dianggap untuk menghitung ukuran konduktor dan peralatan (misalnya, ketika menghitung tegangan sirkuit terbuka).

Perlu dicatat bahwa rating atau 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 modul STC 250 Watt dengan toleransi daya  $\pm 3\%$  dapat dilabelkan sebagai modul dengan output antara 242.5 Watt dan 257.5 Watt.

Ketika radiasi surya meningkat pada modul surya, maka modul tersebut akan membangkitkan listrik DC sampai dengan kapasitas nominalnya (misalnya 250 Watts). Namun demikian tidak berarti bahwa panel akan membangkitkan listrik DC dengan jumlah tersebut (hampir pasti tidak akan pernah), tapi itu merupakan batas panel dalam situasi yang telah ditetapkan dalam pengujian STC. Dengan perkataan lain, kapasitas “nameplate” adalah statis; kapasitas tersebut pada dasarnya adalah fungsi dari jumlah panel dikalikan dengan kapasitas masing-masing panel. Sebaliknya output AC dari susunan panel adalah fungsi kapasitas sistem STC, sumber surya, orientasi susunan dan berbagai faktor lainnya (penjelasan lebih detail pada subbab 8.4).

Untuk setiap sistem selain satu panel, modul-modul tersebut dihubungkan bersama-sama dengan kabel/konduktor dalam susunan seri, mirip dengan cara baterai terhubung dalam seri, dan karena itu luasan permukaan modul surya yang terkena radiasi matahari, melalui beberapa modul, menentukan kapasitas output sistem. Oleh karena itu sistem terdiri dari seribu (1000) 250-Watt panel dinilai pada kapasitas 250 kW DC. Tergantung pada intensitas radiasi matahari, kondisi lingkungan, shading, dan berbagai faktor lain, sistem ini dianggap mampu menghasilkan tenaga hingga menyerupai, tetapi tidak lebih dari rating sistem total STC. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya rating PTC juga dapat diterapkan untuk menghitung output yang diharapkan dalam kondisi normal; namun demikian, ada kondisi-kondisi spesifik seperti kondisi pada iklim dingin dan tingkat radiasi yang tinggi dimana rating STC jarang digunakan.

---

### 8.3.2 // SISTEM KELISTRIKAN

---

Sistem Tenaga Surya Fotovoltaik yang terhubung ke jaringan listrik utilitas harus mengkonversi listrik DC yang dihasilkan modul surya menjadi listrik AC yang sesuai dengan tegangan dan frekuensi jaringan yang dihubungkan. Sistem distribusi PLN cenderung menjadi titik interkoneksi untuk proyek yang proposal jual beli listriknya (PPA) disetujui dan karena itu akan dihubungkan ke tegangan 20 kV dengan frekuensi lima puluh (50) hertz. Karena itu Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Fotovoltaik di Indonesia akan membutuhkan Inverter dan transformator yang sesuai, serta sistem kontrol untuk melengkapi sistem dan memberikan perlindungan yang diperlukan sistem.

Komponen utama yang menyusun keseimbangan sistem antara modul dan titik interkoneksi adalah sebagai berikut:

#### **Inverter dan transformator**

seperti yang jelaskan sebelumnya, listrik DC dari modul surya harus dikonversi ke tegangan AC dengan tepat sehingga dapat interkoneksi dengan jaringan utilitas, Inverter dan transformator melakukan fungsi ini. Inverter juga menyediakan data dan laporan, sehingga operator dapat mengamati kinerja susunan modul. Inverter mengoptimalkan output dari modul surya yang memasok listrik melalui Maximum Power Point Tracking (MPPT). Tidak semua Inverter mempunyai kinerja pada MPPT efektivitas atau efisiensi konversi yang sama. Inverter juga memiliki berbagai tegangan awal (tegangan terendah sebelum inverter mulai beroperasi). Karena temperatur



————— GAMBAR 67 —————  
INVERTER GANDA  
.....



500kW Inverter ganda dengan sebuah tranformator 34.5kV yang dirangkai sebelumnya pada suatu struktur.  
Sumber: Triad Engineering. Foto: Dan Jordan

lingkungan yang tinggi mengurangi efisiensi modul dan tegangan, adalah penting untuk memilih inverter yang sesuai dengan kondisi lingkungan sehingga kejadian yang tidak diharapkan tidak terjadi.

Ukuran inverter bervariasi mulai dari skala utilitas dalam megawatt yang dapat menangani susunan besar modul panel surya, sampai dengan Inverter mikro yang melayani hanya satu modul. Banyak Inverter juga telah dilengkapi dengan fungsi proteksi, yang mana inverter tersebut secara otomatis berhenti bekerja ketika mendeteksi ada atau tidak ada tegangan pada jaringan listrik. Cara ini untuk mencegah sistem tenaga surya fotovoltaik mengeksport listrik ke jaringan listrik, sementara jaringan sedang berhenti karena perbaikan atau pemeliharaan yang dilakukan oleh personil utilitas.

————— GAMBAR 68 —————  
SUSUNAN PANEL SURYA  
.....



Panel, Kotak Combiner, Struktur Rangka, Kabel.  
Sumber: Triad Engineering. Foto: Dan Jordan

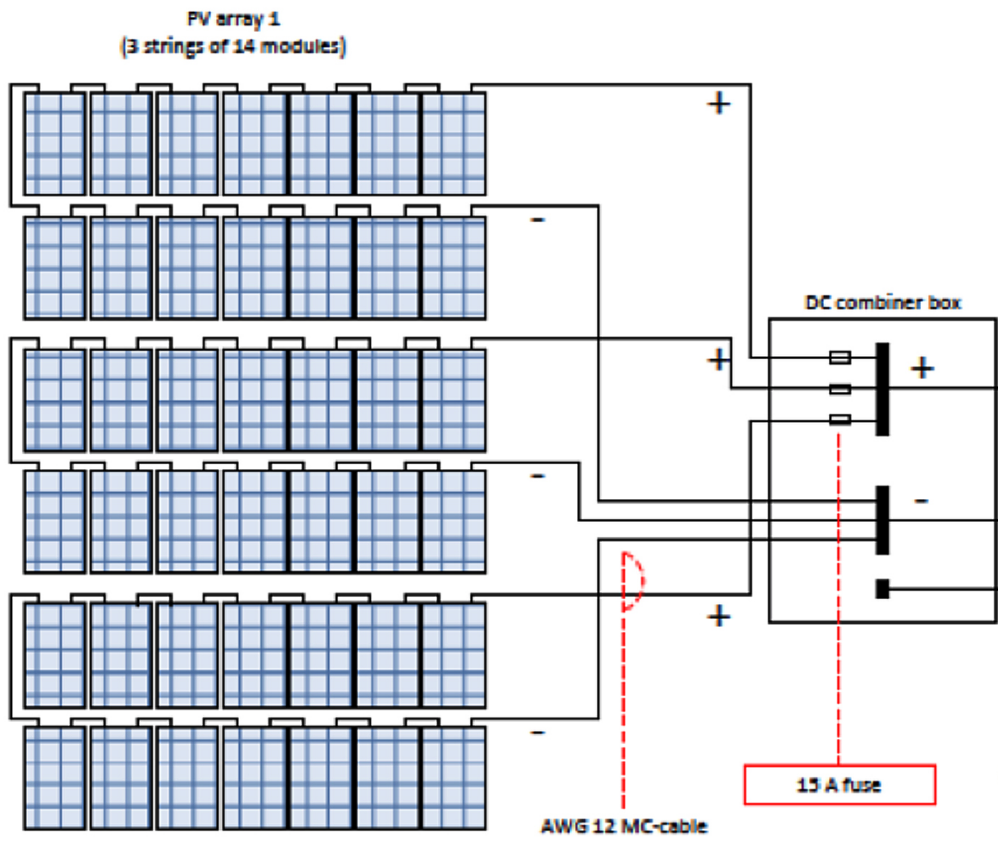
#### **Kotak “Combiner”**

Sistem pengumpulan untuk menyatukan sejumlah string modul tertentu. Kotak Combiner bekerja seperti kotak penyambungan yang dimaksudkan untuk penambahan string pada sebuah sistem tanpa meningkatkan tingkat tegangan kabel melampaui batas tegangan yang aman.

#### **Sistem Kabel**

Susunan panel surya adalah kombinasi dari kabel DC dan AC, jenis kabel ditentukan oleh tegangan dan arus sirkuit dalam sistem. Adalah hal yang umum untuk kabel string modul surya fotovoltaik (DC kabel) dilewatkan di bawah panel menuju kotak combiner, sebelum disalurkan ke inverter. Tegangan listrik AC yang lebih tinggi yang meninggalkan Inverter dan transformator sering diarahkan pada saluran udara. Kabel bawah tanah dapat secara langsung ditanam kedalam tanah (*direct bury cable*) atau dilewatkan kedalam saluran. Dalam beberapa kasus saluran terbuat dari beton (seperti di bawah jalan Raya) untuk melindungi kabel. Penggunaan saluran udara versus saluran bawah tanah ditentukan berdasarkan persyaratan aturan dan biaya sistem.

GAMBAR 69  
SISTEM KABEL SUSUNAN PANEL SURYA



Source: Tetra Tech

---

### 8.3.2 // SISTEM MONITORING/PEMANTAUAN

---

Monitoring/Pemantauan sistem tenaga surya fotovoltaik sangat penting untuk mengukur besarnya pembangkitan dan pemantauan kinerja sistem. Banyak sistem interface komersial tersedia dengan inverter surya dan memungkinkan untuk dihubungkan ke internet sehingga kinerja dapat dipantau jarak jauh. Sistem pemantauan dapat mengumpulkan data pada Inverter, namun demikian, pemilik sistem dengan susunan besar menginstalasi sistem pengumpulan data lebih jauh ke arah hulu dari Inverter agar mampu memantau kinerja sistem dengan lebih baik. Misalnya, data yang dikumpulkan dari sebuah inverter 1 MW hanya dapat mengisolasi kinerja inverter yang melayani susunan 1 MW. Susunan sebesar ini terdiri dari 4000 panel dan sirkuit yang terkait. Sistem pemantauan pada level kotak combiner tersebut (1MW) atau pada kapasitas yang lebih rendah memungkinkan pemilik melihat secara *real time* ke area yang berkinerja rendah dan kesalahan sistem yang tidak akan terlihat ketika hanya memantau kinerja di level yang lebih tinggi saja. Pilihan sistem ini tergantung pada perhitungan biaya terhadap kinerja.

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 *Point Of Interconnection /POI*, yang biasanya ada bagian hilir Inverter).

————— *GAMBAR 70* —————  
TERMINAL PEMANTAUAN DATA  
DI PANEL KONTROL



Terminal Monitoring Data monitoring di Panel Kontrol.  
Sumber: Triad Engineering. Foto: Dan Jordan

---

# 8.4

## KONFIGURASI SISTEM DAN SISTEM YANG TERPASANG TETAP

---

Sistem Tenaga Surya Fotovoltaik tersedia untuk berbagai jenis dari lokasi, dari sistem kecil *rooftop* sampai dengan sistem di ruang terbuka yang besar dan kanopi pada area parkir. Modul Surya Fotovoltaik kebanyakan dapat dipertukarkan dari berbagai konfigurasi tersebut, dan pilihan konfigurasi akan menentukan pemasangan sistem yang diperlukan.

Sistem yang terpasang tetap yang paling umum (juga disebut sistem dengan struktur susunan) adalah sistem yang dirancang untuk instalasi atap, tanah atau garasi mobil. Sub-kategori dalam sistem yang terpasang tetap ini diantaranya termasuk sistem terpasang tetap, pelacak sumbu tunggal dan pelacak sumbu ganda.

Sistem yang terpasang tetap umumnya terpasang dengan sudut kemiringan tetap dan biasanya diinstalasikan pada permukaan yang datar, area atap yang tidak terhalang. Sistem yang terpasang tetap dikonfigurasi sedemikian rupa sehingga modul diinstalasikan dengan kemiringan vertikal tertentu dan sejajar sehingga mereka menghadap pada arah yang telah ditentukan (susunan asimut). Sistem yang terpasang tetap terpasang secara kokoh diatap baik melalui penetrasi pengencang atau dengan beban (sistem pemberat untuk menjaga keseimbangan) biasanya terbuat dari blok beton. Sistem yang terpasang tetap diatap umumnya terpasang secara tetap dipermukaan non horisontal seperti pada dinding muka yang berbentuk segitiga atau atap bergaya mansard langsung terhubung ke sistem atap dan mengikuti sudut dan asimut atap.

————— **GAMBAR 71** —————  
**SUSUNAN PANEL SURYA ATAP**

---



Susunan Sistem Tenaga Surya Fotovoltaik Jenis Rooftop yang menggunakan sistem penyeimbang terpasang lengkap (Non-penetrasi)  
Sumber: Triad Engineering. Foto: Dan Jordan

Sistem tenaga surya fotovoltaik yang terpasang tetap ditanah dirancang untuk mengamankan suatu susunan pada sistem pondasi ditanah seperti pondasi tiang pancang, bor sekrup atau pondasi beton-gravitasi. Sistem tersebut biasanya terlihat pada ruang terbuka dimana hanya ada sedikit atau tidak ada penghalang/shading, topografi yang sesuai (kemiringan yang menguntungkan proyek) dan dampak lingkungan yang minimal. Kondisi tanah dan geoteknik juga penting untuk dipertimbangkan. Pemilihan sistem ini ditentukan oleh kesesuaian dari kondisi dibawah permukaan tanah dan biaya. Sebagai contoh, sistem yang dibor digunakan pada tanah yang dapat ditembus dengan kedalaman yang diperlukan untuk pondasi. Sistem pondasi beton-gravitasi lebih umum pada tempat pembuangan sampah akhir (penutup tempat pembuangan sampah akhir tidak bisa dipenetrasi) atau dimana kondisi dibawah permukaan tanah dapat diketahui dengan pasti.

Sistem tenaga surya fotovoltaik yang terpasang tetap ditanah dapat dirancang sebagai terpasang tetap dengan kemiringan tertentu, pelacak sumbu tunggal dan pelacak sumbu ganda. Sistem yang terpasang tetap dengan kemiringan tertentu mengamankan modul pada satu asimut tetap dan sudut penyinaran tertentu pada permukaan modul. Modul-modul dalam sistem sumbu tunggal biasanya terpasang pada sistem susunan struktur horisontal dan sejajar dengan sumbu Utara-Selatan, yang memungkinkan sistem susunan struktur tersebut, yang dikenal sebagai pelacak, untuk memutar baris panel dengan cara mengikuti gerakan Timur ke Barat dari matahari pada siang hari. Pada kondisi yang tepat, sistem pelacakan sumbu tunggal dapat memberikan hingga sekitar 30% pembangkitan energi lebih tinggi daripada sistem dengan kemiringan tetap. Namun, sistem ini memerlukan susunan struktur khusus dan komponen pengendali motor. Biaya konstruksi dan pengoperasian yang lebih tinggi pada sistem tersebut harus dipertimbangkan secara seksama.

Pelacak sumbu ganda dirancang untuk memutar panel ketika matahari bergerak dari Timur ke Barat, dan ketika matahari naik dan turun di langit sepanjang hari. Maksud dari pelacak sumbu tunggal adalah untuk memaksimalkan output dengan mempertahankan orientasi tegak lurus antara panel dan matahari selama siang hari. Pelacak sumbu ganda memungkinkan pembangkitan tenaga surya dalam jumlah besar untuk ukuran sistem yang diberikan; namun demikian, dalam beberapa kasus sistem pelacak seperti ini sangat kompleks dan mahal

**GAMBAR 72**

**SISTEM PEMASANGAN TETAP DIATAS TANAH**



**GAMBAR 73**

**SISTEM KANOPI FOTOVOLTAIK SEPANJANG AREA PARKIR**



sehingga kurang efektif. Untuk menentukan solusi terbaik, pilihan menggunakan kemiringan tetap, pelacak sumbu tunggal atau pelacak sumbu ganda memerlukan analisis intensitas radiasi matahari di lokasi yang ditentukan, biaya instalasi dan biaya operasional dan pemeliharaan sistem, parameter desain seperti beban angin dan pondasi sistem yang sesuai dengan kondisi lokasi.

Sistem kanopi populer di daerah dengan area parkir yang luas dengan memberikan penggunaan ganda dan aliran pendapatan untuk sewa parkir. Sistem kanopi cukup tinggi untuk memberikan jarak untuk parkir kendaraan, dan memberikan shading untuk pengguna di area parkir.

Jenis lain dari sistem tenaga surya fotovoltaik yang terpasang tetap termasuk Sistem Fotovoltaik Bangunan Terpadu atau Building Integrated Photovoltaic (BIPV), penutup tempat pembuangan sampah akhir dan laminasi untuk atap dan aplikasi permukaan. Sistem-sistem tersebut biasanya melibatkan sistem fotovoltaik yang tertanam dalam kaca (seperti sistem BIPV yang digunakan dalam pelindung/tirai dinding bangunan), bahan jenis roll yang melekat langsung jahitan atap logam yang berdiri, atau penutup lokasi tempat pembuangan sampah akhir. Aplikasi tersebut digunakan ketika tipikal modul fotovoltaik tidak layak atau secara estetika tepat, dan tidak ada struktur penahan sistem yang diperlukan.

Semua sistem yang terpasang harus dirancang dan dipasang untuk mempertimbangkan kondisi pembebanan dan standar struktur bangunan yang berlaku di lokasi/wilayah tersebut. Beban angin adalah persyaratan utama pada rancangan sistem yang terpasang tetap. Atap sistem yang terpasang tetap juga harus memperhitungkan beban statik dan dinamik pada fasilitas atap yang diberikan, dan umumnya perlu dilakukan analisis struktural atap sebelum menentukan sistem yang sesuai.

————— GAMBAR 74 —————  
SISTEM FOTOVOLTAIK BANGUNAN TERPADU  
.....

Hickory Ridge Landfill,  
Atlanta, GA  
48 acre landfill (10 acres of  
solar cap)  
1,300 KW Susunan  
Panel Tenaga Surya yang  
terpasang pada tahun  
2011 – 2012  
2013 Award of Excellence  
dari the IAGI



Sumber: AEG

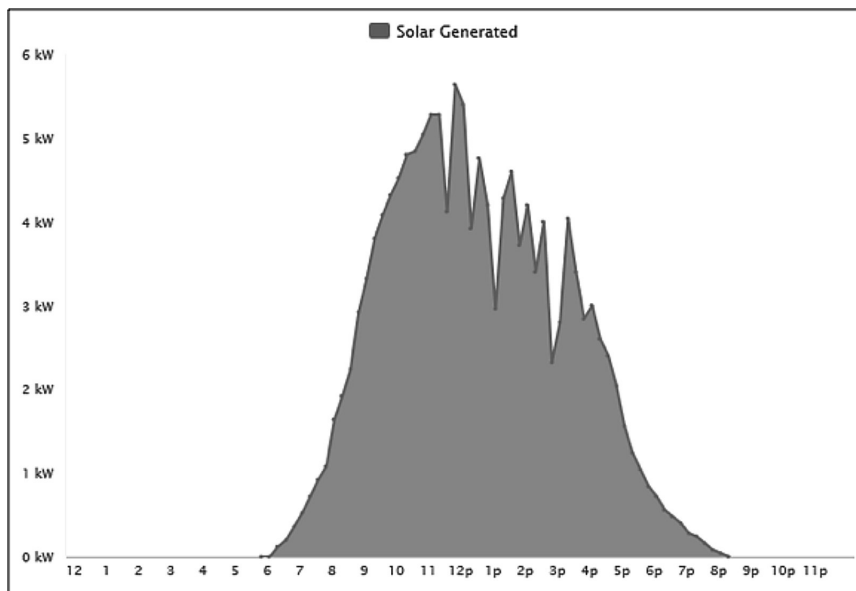
# 8.5

## PENGUKURAN POTENSI ENERGI SURYA DAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA

Saat ini parameter untuk mengukur energi surya yaitu mengenai susunan panel tenaga surya dan parameter desain susunan panel tenaga surya telah ditentukan, yang memungkinkan untuk mengukur hasil yang diharapkan dari sebuah sistem tenaga surya yang ditempatkan di lokasi tertentu. Output energi listrik dari sistem, diukur dalam kWh, adalah fungsi dari tenaga sumber matahari (Iradiasi dan Isolasi dari waktu ke waktu) di lokasi, kapasitas terpasang sistem (kW atau MW), rugi-rugi sistem, dan berbagai faktor lain seperti shading, sudut kemiringan dan orientasi panel, topologi lokasi, struktur susunan sistem (tetap, pelacakan, dll), pengotoran permukaan panel, dan berbagai faktor lain. Pengukuran harus mempertimbangkan isu-isu lokal seperti shading dari pohon atau bangunan, atau temperatur lingkungan yang tinggi yang menurunkan kinerja dan efisiensi kelistrikan modul.

Penting untuk diingat bahwa output akan bervariasi sepanjang hari dan tahun karena posisi matahari. Efek

GAMBAR 75  
KURVA KINERJA PEMBANGKIT LISTRIK  
TENAGA SURYA FOTOVOLTAIK

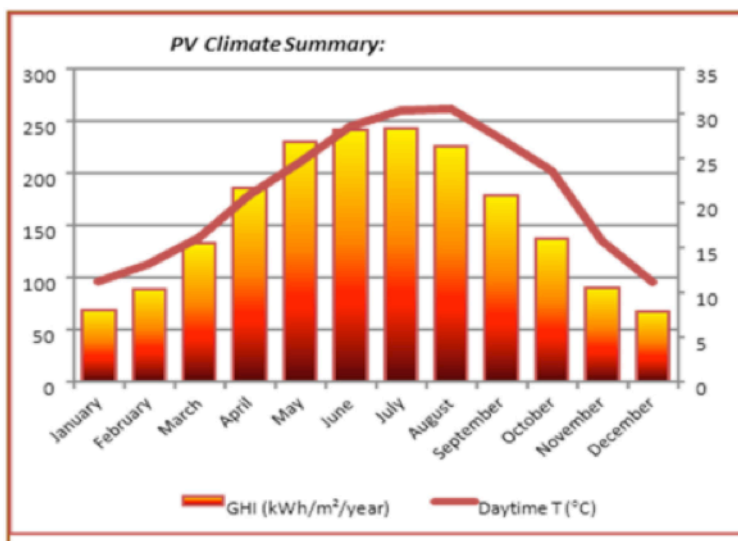


Fotovoltaik sistem, 22 Juli 2014. Catatan: lekukan tajam pada output adalah karena pengaruh cuaca.

Sumber: Dan Jordan



KURVA KINERJA TAHUNAN



cuaca seperti shading awan, kelembaban atmosfer dan temperature lingkungan juga memiliki dampak yang signifikan pada kinerja. 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. Pembuat model yang berpengalaman dapat menggunakan beberapa model dan set data untuk meningkatkan tingkat kepercayaan dari prediksi.

Laporan yang ditunjukkan di bawah ini menjelaskan hasil analisis yang dibuat oleh perangkat lunak untuk perancangan tenaga surya PVsyst dengan menggunakan data meteorologi untuk Jakarta. Analisis produksi sistem tenaga surya fotovoltaik ini sudah termasuk perhitungan rugi-rugi sistem untuk mengubah intensitas radiasi matahari menjadi listrik AC pada titik pengukuran. Setiap komponen dalam sistem menyebabkan beberapa kerugian listrik dan studi yang akurat dari proyek dapat mengidentifikasi kerugian tersebut dan meningkatkan akurasi pengukuran kinerja. Modul surya juga kehilangan sebagian jumlah produksinya dari waktu ke waktu (sekitar 1.0% sampai 0,5% / tahun) yang harus diperhitungkan dalam pembuatan modelnya. Informasi ini dapat ditemukan dalam spesifikasi modul yang dibuat oleh produsen. Isu desain tertentu yang tidak dipertimbangkan secara seksama dalam model dapat menurunkan kinerja sistem. Misalnya, jika modul string tidak mempertimbangkan tinggi temperatur lingkungan, maka sangat mungkin tegangan sistem menurun selama pertengahan hari yang panas sehingga menghentikan kerja Inverter. Perancang sistem tenaga surya profesional yang berpengalaman dapat memperhitungkan kemungkinan tersebut.

Dibandingkan dengan proyek pembangkit tenaga energi terbarukan lainnya, proyek tenaga surya fotovoltaik

————— *GAMBAR 77* —————  
 ANALISIS SIMULASI SISTEM  
 LISTRIK TENAGA SURYA  
 .....

PVSYST V5.73	22/07/14	Page 1/3
<b>Grid-Connected System: Simulation parameters</b>		
<b>Project :</b>	<b>Indonesia</b>	
<b>Geographical Site</b>	<b>Djakarta</b>	<b>Country Indonesia</b>
<b>Situation</b>	Latitude 6.1°S	Longitude 106.4°E
Time defined as	Legal Time Time zone UT+7	Altitude 5 m
<b>Meteo data :</b>	Djakarta, Synthetic Hourly data	
<b>Simulation variant :</b>	<b>New simulation variant</b>	
	Simulation date 22/07/14 14h25	
<b>Simulation parameters</b>		
<b>Collector Plane Orientation</b>	Tilt 15°	Azimuth 0°
<b>Horizon</b>	Free Horizon	
<b>Near Shadings</b>	No Shadings	
<b>PV Array Characteristics</b>		
<b>PV module</b>	Si-poly	<b>Model TSM-300 P14A</b>
	Manufacturer	Trina Solar
Number of PV modules	In series	16 modules
	In parallel	250 strings
Total number of PV modules	Nb. modules	4000
	Unit Nom. Power	300 Wp
Array global power	Nominal (STC)	<b>1200 kWp</b>
	At operating cond.	1075 kWp (50°C)
Array operating characteristics (50°C)	U mpp	523 V
	I mpp	2056 A
Total area	Module area	<b>7761 m<sup>2</sup></b>
<b>Inverter</b>		
	Model	<b>Sunny Central 1000 MV-11</b>
	Manufacturer	SMA
Characteristics	Operating Voltage	450-820 V
	Unit Nom. Power	1000 kW AC
<b>PV Array loss factors</b>		
Thermal Loss factor	Uc (const)	20.0 W/m <sup>2</sup> K
	Uv (wind)	0.0 W/m <sup>2</sup> K / m/s
=> Nominal Oper. Coll. Temp. (G=800 W/m <sup>2</sup> , Tamb=20°C, Wind=1 m/s.)	NOCT	56 °C
Wiring Ohmic Loss	Global array res.	4.3 mOhm
	Loss Fraction	1.5 % at STC
Module Quality Loss		Loss Fraction 0.1 %
Module Mismatch Losses		Loss Fraction 2.0 % at MPP
Incidence effect, ASHRAE parametrization	IAM = 1 - bo (1/cos i - 1)	bo Parameter 0.05
<b>User's needs :</b>	Unlimited load (grid)	

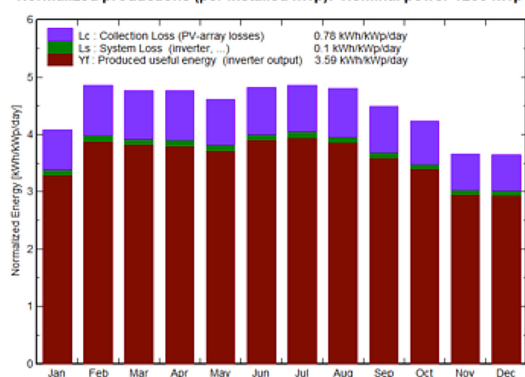
### Grid-Connected System: Main results

**Project :** Indonesia  
**Simulation variant :** New simulation variant

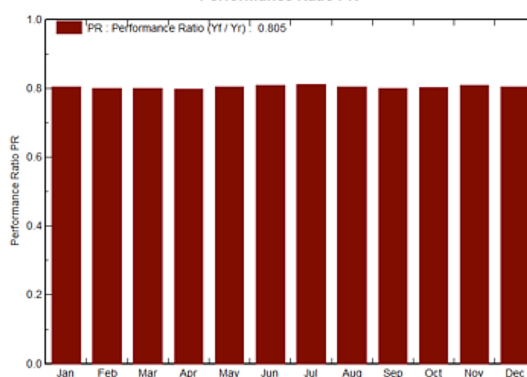
<b>Main system parameters</b>	System type	<b>Grid-Connected</b>
PV Field Orientation	tilt	15° azimuth 0°
PV modules	Model	TSM-300 P14A Pnom 300 Wp
PV Array	Nb. of modules	4000 Pnom total <b>1200 kWp</b>
Inverter	Model	Sunny Central 1000 MV-11Pnom 1000 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)	

**Main simulation results**  
 System Production **Produced Energy 1572 MWh/year** Specific prod. 1310 kWh/kWp/year  
 Performance Ratio PR **80.5 %**

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 1200 kWp



Performance Ratio PR



#### New simulation variant Balances and main results

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	T Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray MWh	E_Grid MWh	EffArrR %	EffSysR %
January	138.0	27.20	126.7	121.8	125.8	122.5	12.79	12.47
February	144.0	26.90	135.9	131.0	133.9	130.5	12.70	12.37
March	150.0	26.90	147.7	143.0	145.7	142.0	12.71	12.39
April	138.0	27.30	142.7	138.5	140.4	136.7	12.68	12.34
May	133.0	27.20	143.1	138.8	142.0	138.3	12.79	12.45
June	131.0	26.80	144.6	140.2	144.2	140.5	12.85	12.52
July	138.0	26.10	150.8	146.4	150.9	147.0	12.89	12.56
August	141.0	26.50	148.8	144.3	147.5	143.6	12.77	12.43
September	134.0	27.90	134.7	130.5	133.0	129.5	12.72	12.38
October	137.0	28.90	131.3	126.9	129.8	126.4	12.73	12.40
November	118.0	28.60	109.6	105.5	109.2	106.4	12.84	12.51
December	124.0	28.00	113.0	108.6	112.1	109.2	12.78	12.45
Year	1626.0	27.36	1628.8	1575.5	1614.4	1572.5	12.77	12.44

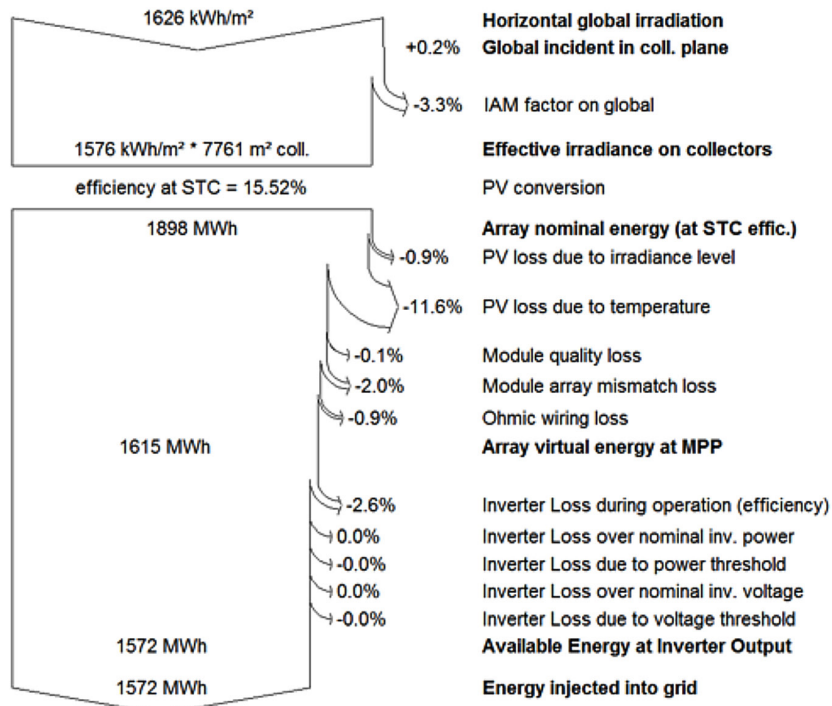
Legends: GlobHor Horizontal global irradiation EArray Effective energy at the output of the array  
 T Amb Ambient Temperature E\_Grid Energy injected into grid  
 GlobInc Global incident in coll. plane EffArrR Effic. Eout array / rough area  
 GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings EffSysR Effic. Eout system / rough area

### Grid-Connected System: Loss diagram

**Project :** Indonesia  
**Simulation variant :** New simulation variant

<b>Main system parameters</b>	System type	<b>Grid-Connected</b>		
PV Field Orientation	tilt	15°	azimuth	0°
PV modules	Model	TSM-300 P14A	Pnom	300 Wp
PV Array	Nb. of modules	4000	Pnom total	<b>1200 kWp</b>
Inverter	Model	Sunny Central 1000 MV-11	Pnom	1000 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)			

#### Loss diagram over the whole year



---

# 8.6

## PEMILIHAN LOKASI

---

menawarkan fleksibilitas yang lebih banyak dalam penentuan atau pemilihan lokasi (pada lokasi dimanapun ada sinar matahari), namun demikian, kelayakan proyek tenaga surya fotovoltaik sangat sensitif pada banyak faktor dan meskipun suatu lokasi mempunyai potensi sinar matahari yang signifikan, kelayakan proyek tersebut dipengaruhi oleh berbagai faktor. Beberapa isu dari proyek tersebut berkaitan dengan fitur fisik dari lokasi, dan beberapa lainnya berkaitan dengan kelayakan bisnis. **Beberapa hal penting** yang harus dipertimbangkan didalam memilih lokasi sebuah proyek tenaga surya diantaranya adalah:

- » Lahan yang memadai untuk ukuran sistem. Sekitar 2,5 - 3 hektar/MWDC lahan diperlukan di lokasi dekat dengan garis Khatulistiwa. Untuk lokasi yang makin menjauhi garis Khatulistiwa (ke Utara atau ke Selatan), lebih banyak lahan yang diperlukan untuk memperhitungkan efek shading antar baris.
- » Lahan harus bersih dari atau sedikit gangguan shading.
- » Bentuk dari paket adalah saling berdekatan dan sebisa mungkin berbentuk persegi panjang.
- » Karakteristik Geoteknikal:
  - tanah berbatu yang tidak teratur, Karst, atau bebatuan yang sangat keras akan menjadi masalah
  - apakah ada benda-benda yang terkubur seperti peralatan listrik, pondasi bersejarah, limbah?
- » Lahan yang bertingkat atau miring ke arah matahari
  - Kemiringan kearah Utara jika berada di Selatan garis Khatulistiwa
  - Kemiringan kearah Selatan jika berada di Utara garis Khatulistiwa
  - Sistem pelacak sumbu tunggal memerlukan lahan yang bertingkat
- » Sedikit atau tidak ada gangguan karena adanya isu-isu yang terkait lingkungan, tata ruang penggunaan lahan, utilitas, dll
- » Hindari lahan basah, lahan yang mudah terkena banjir, sungai, aliran, zona yang tidak stabil (mudah longsor) dan drainase
- » Pilih tetangga/lingkungan yang ramah, dan taat pada hukum

Meskipun tampaknya jelas dan mudah untuk dihindari, adanya shading/peneduh secara mengejutkan dapat

---

## 8.6.1 // SHADING/PENEDUH

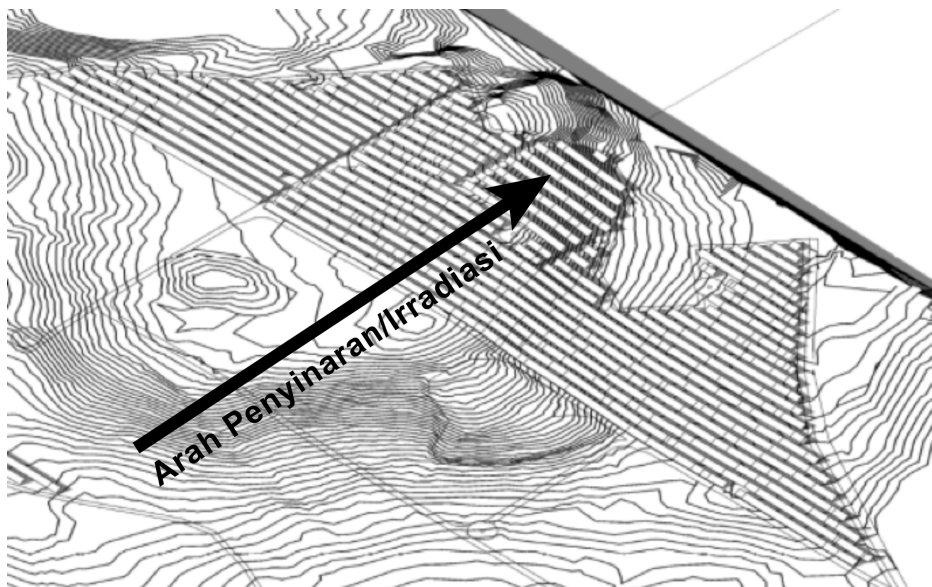
---

menyebabkan rendahnya kinerja panel surya. Keadaan ini diperparah ketika sebagian dari sebuah panel, atau bahkan beberapa sel, tertutup oleh shading, maka dapat menutup seluruh rangkaian dalam modul dan mempengaruhi seluruh string. Sebagai contoh, pipa ventilasi di atap dapat memiliki efek yang sangat merugikan lebih dari yang diperkirakan. Mengapa hal ini dapat terjadi? Dikarenakan sel-sel yang tertutup bayangan/ mengalami shading menghasilkan tahanan di sirkuit dan menghasilkan panas. Karena sel-sel dan modul terangkai dalam susunan serial, sel yang mengalami shading akan mengurangi aliran listrik dari seluruh rangkaian. Bayangan atau shading yang ditimbulkan oleh pipa ventilasi atap dapat menutupi beberapa sel dan pada akhirnya mematikan seluruh modul, walaupun hanya beberapa sel saja yang terkena shading.

Shading antar baris sel tenaga surya juga harus diperhitungkan, dimana satu baris sel tenaga surya mengakibatkan shading pada deretan panel surya di belakangnya. Kondisi seperti ini lebih sering terjadi di lokasi/wilayah dengan lintang yang berada jauh dari garis khatulistiwa dimana sudut kemiringan panel surya yang lebih besar lebih diminati. Kondisi serupa juga mungkin terjadi pada susunan panel surya yang dipasang pada permukaan miring yang menjauhi matahari. Gambar dibawah menunjukkan analisis susunan panel surya pada suatu lereng yang dimaksud. Perhatikan bahwa jarak antar baris panel surya pada lereng bagian bawah meningkat untuk meminimalkan efek shading antar baris dari panel surya.

————— GAMBAR 78 —————  
CONTOH ANALISA SHADING/PENEDUH

---



---

# 8.7

## ANALISA EKONOMI DAN FINANSIAL PROYEK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA FOTOVOLTAIK

---

Proyek tenaga surya fotovoltaik umumnya adalah untuk pembangkit listrik. Ada beberapa situasi di mana proyek tenaga surya diinstalasi untuk alasan shading, estetika atau suplai energi yang berkelanjutan; namun demikian, sebagian besar proyek-proyek skala komersial dan utilitas tergantung pada besarnya pengembalian investasi untuk tingkat kelayakannya. Perhitungan tersebut harus memperhitungkan faktor bisnis dan teknis. Sebagian besar proyek dibiayai melalui kemampuan mereka untuk menjual listrik ke pembeli melalui perjanjian jual beli listrik (PPA) atau melalui beberapa mekanisme yang memungkinkan proyek untuk menjual listriknya. Pada beberapa lokasi, proyek juga memiliki kemampuan untuk menjual atribut seperti sertifikat energi terbarukan surya atau Solar Renewable Energy Certificates (SRECS). Penjualan ini bergantung pada pembangkitan aktual dari proyek dan menentukan pendapatan kotor proyek dari waktu ke waktu. Pembahasan lebih awal pada potensi sumber daya tenaga surya dan perhitungan pembangkitan listrik proyek tenaga surya sangat membantu didalam menjelaskan masalah-masalah untuk memahami perhitungan ini.

Pendapatan penjualan listrik kotor harus dihitung terhadap biaya kelangsungan dan pelunasan pinjaman proyek dengan tujuan untuk menentukan pengembalian atas biaya investasi proyek. Memahami proses dan biaya untuk pengembangan, pembangunan dan pengoperasian proyek sejak awal sangat diperlukan sehingga pengembang dan investor dapat membelanjakan dana mereka dengan bijak.

Tabel 20 berikut dibawah ini memberikan rincian biaya untuk pengembangan, perencanaan, rekayasa dan konstruksi sebuah proyek pembangkit listrik tenaga surya fotovoltaik. Biaya tersebut tentu akan bervariasi pada setiap proyek, lokasi dan wilayah, dan ini tabel dibawah ini hanya ditujukan untuk contoh saja.

————— **TABLE 20** —————  
**CONTOH RINCIAN BIAYA UNTUK SURYA  
 FOTOVOLTAIK**  
 .....

ITEM BIAYA	1 MW SISTEM		5 MW SISTEM	
	\$/WATT	\$/MW	\$/W	\$/5 MW
Biaya Pengembangan	\$0.15	\$150,000	\$0.05	\$250,000
Desain dan Rekayasa	\$0.50	\$500,000	\$0.20	\$1,000,000
Perijinan	\$0.09	\$90,000	\$0.04	\$200,000
Persiapan Lokasi/Sipil/ Pagar	\$0.10	\$100,000	\$0.08	\$400,000
Pengadaan Panel Surya Fotovoltaik	\$0.85	\$850,000	\$0.85	\$4,250,000
Pengadaan Inverter / Transformator	\$0.30	\$300,000	\$0.30	\$1,500,000
Pengadaan Struktur Pendukung dan Instalasinya	\$0.30	\$300,000	\$0.30	\$1,500,000
Instalasi Listrik (Panel, Inverters / Transformator, Sistem DC dan AC, SCADA)	\$0.45	\$450,000	\$0.40	\$2,000,000
Komisioning	\$0.05	\$50,000	\$0.030	\$150,000
<b>Biaya Total Sistem*</b>	<b>\$2.79</b>	<b>\$2,790,000</b>	<b>\$2.250</b>	<b>\$11,250,000</b>

\*Tidak termasuk peningkatan kualitas jaringan pembeli listrik



---

# 8.8

## EVALUASI RISIKO DAN KELAYAKAN PROYEK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA FOTOVOLTAIK

---

Sejak awal harus diketahui dengan jelas bahwa rencana lokasi harus sesuai untuk teknologi surya fotovoltaik dan juga tersedia tempat yang layak untuk konstruksi. Jika rencana lokasi dimana proyek akan dibangun terhalang oleh bukit atau gedung-gedung tinggi, maka mungkin proyek tersebut akan berkinerja rendah. Jika penentuan lokasi membuat panel surya fotovoltaik mengalami kesulitan mendapatkan sinar matahari, maka output panel surya lebih rendah daripada yang diharapkan sehingga proyek akan sulit untuk dikembangkan. Lokasi dengan kondisi geoteknis yang tidak diketahui dapat menyebabkan kesulitan didalam pembangunan dan mengakibatkan peningkatan biaya yang tak terkendali.

Mungkin risiko terbesar bukan pada pengembangan proyek tenaga surya fotovoltaik itu sendiri tetapi dengan isu-isu yang berkaitan dengan, berdekatan dengan atau jauh dari lokasi. Persyaratan interkoneksi transmisi, isu lingkungan, dan perijinan atau dukungan (atau ketiadaan) dari masyarakat setempat sering menjadi faktor yang menentukan kesepakatan atau hambatan/kegagalan didalam pengembangan proyek baru.

**Berikut risiko dan strategi mitigasi** untuk pengembangan proyek tenaga surya fotovoltaik yang baru:

» **Geoteknikal**

- Risiko – tanah berbatu, stabilitas tanah tidak memadai, halangan yang ada didalam tanah
- Mitigasi – lakukan kajian sebelum digunakan, lakukan analisa desktop dan awal geoteknik. Jika hasil analisa memuaskan dan diterima, minta kontraktor investigasi tanah untuk melakukan pemeriksaan dan merancang pondasi yang sesuai.

» **Kinerja Panel/Sistem**

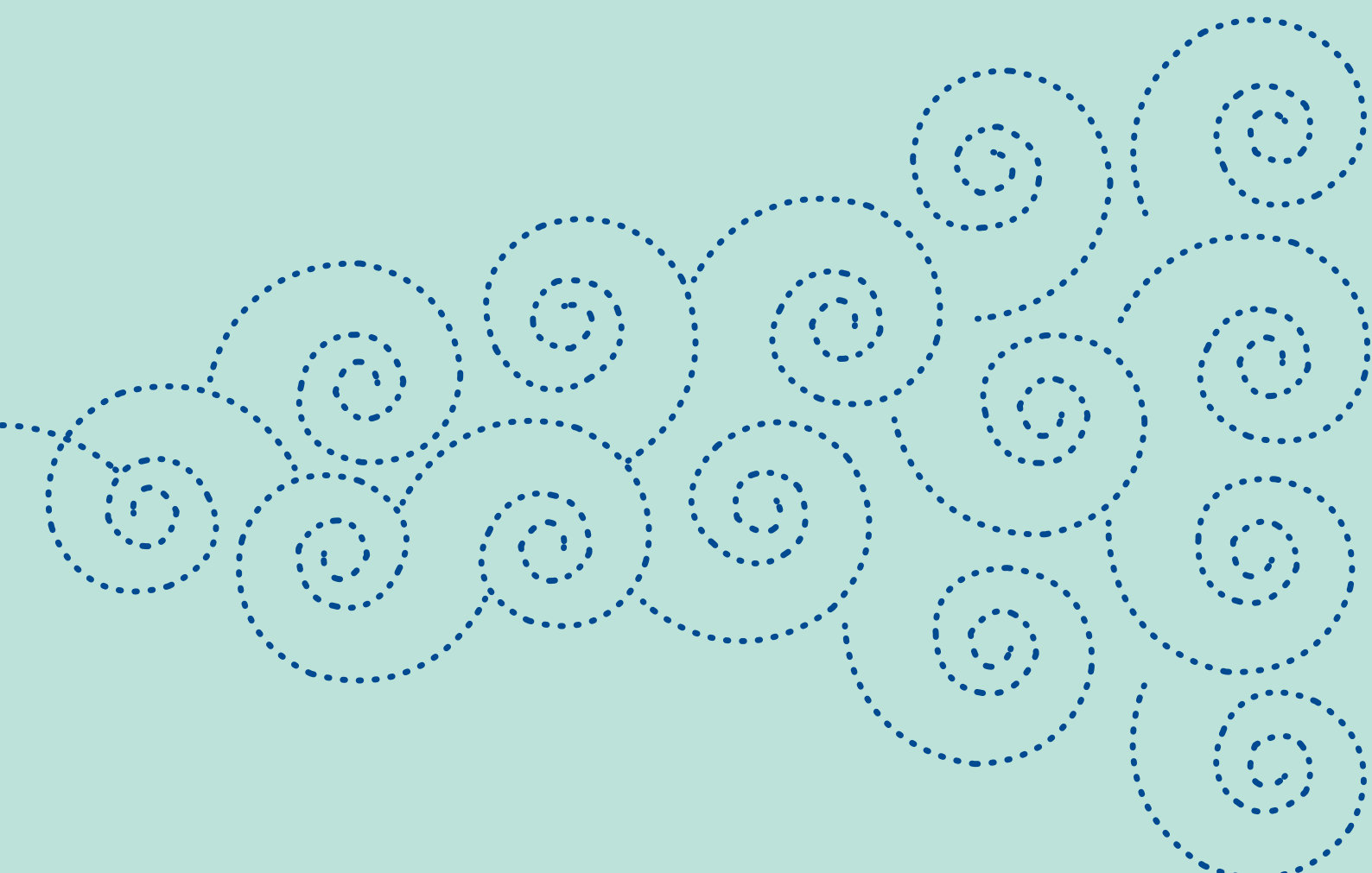
- Risiko- kinerja yang rendah karena desain kondisi yang ada
- Mitigasi – lakukan kajian potensi yang bankable dengan menggunakan data yang berkualitas. Lakukan pembelian panel berkualitas tinggi dari pemasok “Tingkat 1” yang mempunyai rekam jejak terhadap produk yang mempunyai kulit kinerja yang tinggi. Kemudian lakukan perakitan modul (perakitan modul seperti output dalam string). Instalasikan pemantau tingkat kombinasi atau string. Lakukan perawatan secara rutin. Periksa ulang perhitungan rugi-rugi listrik dalam desain sebelum pemodelan sistem.

» **Implementasi Garansi Panel**

- Risiko – Kinerja panel rendah atau panel tidak berfungsi
- Mitigasi – Lakukan kontrol kualitas yang ketat saat instalasi. Laksanakan kontrak garansi yang komprehensif dengan vendor yang mencakup biaya tambahan yang terkait dengan perbaikan dan penggantian panel (tidak hanya biaya baru panel).

- » **Peralatan Inverter dan Keseimbangan Listrik**
  - Resiko – Kerusakan, penggantian dan kinerja yang rendah
  - Mitigasi – Lakukan pembelian/pengadaan dari perusahaan yang terbaik di kelasnya. Lakukan perpanjangan garansi jika dapat menghemat biaya, atau rencanakan penggantian inverter. Terapkan kontrak dengan perusahaan yang melaksanakan pengoperasian dan pemeliharaan yang disetujui oleh pemasok. Secara teratur lakukan pemantauan kinerja inverter dari jarak jauh dan selama inspeksi.
- » **Keamanan**
  - Resiko – Pencurian atau kerusakan karena keamanan yang kurang
  - Mitigasi – Pasang pagar pengaman disekeliling area pembangkit. Instalasikan pemantauan dengan menggunakan kamera CCTV. Implementasikan sistem pemantauan yang real-time pada tingkat yang paling rendah (yang dapat mendeteksi adanya anomali pada sistem).
- » **Pendapatan / Kredit**
  - Resiko – akuntansi untuk listrik yang dihasilkan dan dijual
  - Mitigasi – sepakat pada lokasi titik penjualan dengan pembeli listrik. Instalasikan peralatan pengukuran yang memenuhi standar kualitas.
- » **Tanaman yang tumbuh liar / bentuk shading lainnya**
  - Resiko – rumput dan tanaman yang tumbuh di sekitar lokasi akan menghalangi sistem dan dapat mengganggu kinerja sistem
  - Mitigasi –kontrak pengoperasian dan pemeliharaan harus meliputi pemeliharaan lanskap secara rutin. Tanaman mungkin tumbuh disekitar lokasi namun dengan demikian tidak tumbuh secara berlebihan.
- » **Beban angin pada struktur dan peralatan**
  - Resiko - daerah yang berangin kencang dan badai dapat merusak panel dan peralatan
  - Mitigasi – rancangan pondasi harus mempertimbangkan pengaruh angin dalam kriteria desainnya. Struktur pendukung dirancang oleh pemasok harus dapat dijamin oleh pemasok. Pilih pemasok yang layak yang dapat memberikan jaminan tersebut.
- » **Interkoneksi**
  - Resiko – syarat untuk interkoneksi, transmisi dan peningkatan sistem oleh dapat menyebabkan biaya proyek menjadi sangat mahal atau berdampak pada kinerja sistem.
  - Mitigasi - terlibat sejak awal bersama dengan pembeli listrik dan identifikasikan potensi biaya yang mungkin timbul. Terapkan model pembiayaan yang konservatif serta wajar ketika data tersedia.

Sebagai ringkasan, materi dalam laporan ini dimaksudkan untuk memberikan gambaran umum sehingga investor dalam proyek-proyek surya fotovoltaik dapat membuat penentuan awal kelayakan proyek surya fotovoltaik. Pemahaman dasar memberikan kesempatan kepada pengkaji proyek surya fotovoltaik untuk membuat pilihan dan meminta dukungan teknis yang sesuai bilamana diperlukan. Pemahaman ini juga untuk menghapuskan beberapa mitos negatif pada proyek-proyek surya fotovoltaik seperti anggapan bahwa output/keluaran pembangkit listrik tenaga surya fotovoltaik sulit untuk diprediksi, atau bahwa teknologi surya fotovoltaik belum terbukti baik. Mengingat meningkatnya pertumbuhan jumlah perusahaan yang bergerak dibidang teknologi surya fotovoltaik, dan perbaikan kualitas produknya serta pengurangan biayanya yang mana telah diwujudkan di sektor ini dalam beberapa tahun terakhir, maka saat ini adalah waktu yang tepat untuk investasi proyek pembangkit listrik tenaga surya fotovoltaik, serta menyediakan kesempatan yang dapat diandalkan untuk investasi jangka panjang.



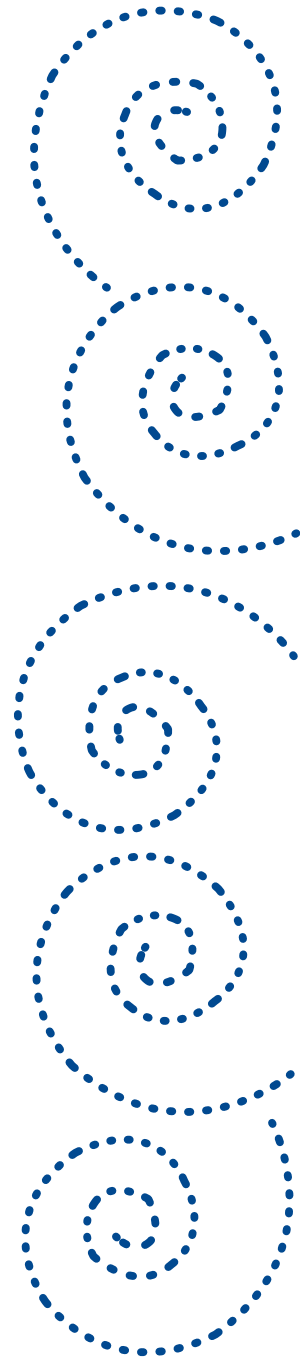
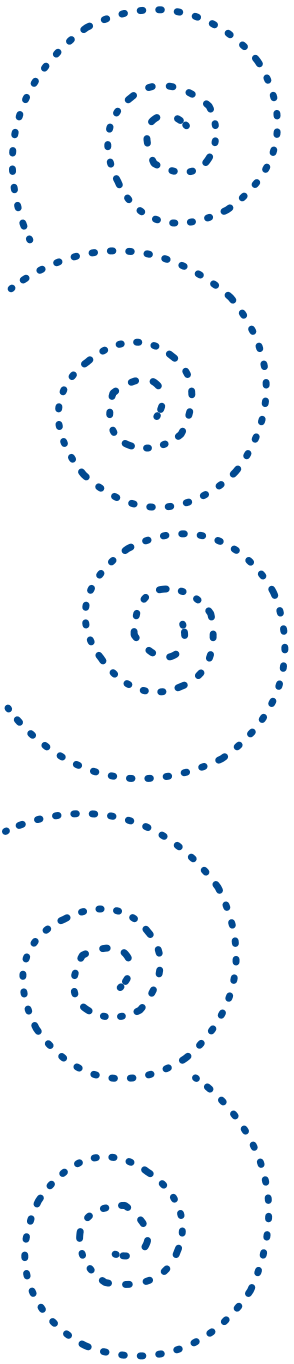
**BUKU PEDOMAN ENERGI BERSIH**



# 9

## PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN/BAYU

Tenaga angin secara luas diakui sebagai salah satu energi bersih dan terbarukan yang termurah. Bahkan di beberapa negara energi angin sebagai sumber energi primer untuk pembangkit tenaga listrik yang baru telah mencapai harga yang kompetitif dengan pembangkit listrik yang berbahan bakar fosil.



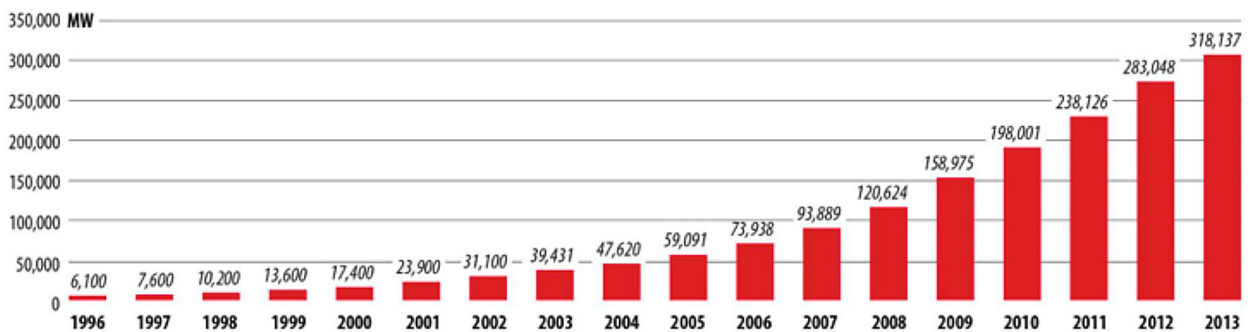
# 9.1

## TINJAUAN UMUM

Bahan baku utama untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin/Bayu (PLTB) adalah angin; oleh karena itu tidak menimbulkan polusi atau degradasi lingkungan karena penambangan dan/atau pengangkutan bahan baku. Keluaran dari PLTB adalah listrik yang bersih dengan tanpa diikuti polusi CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, dan NO<sub>x</sub> dan turbin angin tidak menggunakan air didalam proses produksinya. Karakteristik menguntungkan ini memberikan manfaat nyata dalam meningkatkan kesehatan dan konservasi sumber daya alam.

Pemanfaatan energi angin telah berkembang secara global lebih dari 23% per tahun dalam waktu 10 tahun terakhir, lihat **Gambar 79**. Di Amerika Serikat dan sebagian besar Negara Uni Eropa, jumlah PLTB baru merupakan instalasi terbesar dari pembangkit listrik baru bila dibandingkan dengan teknologi pembangkit listrik lainnya.

————— *GAMBAR 79* —————  
INSTALASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN/  
BAYU (GLOBAL KUMULATIF TAHUN 1996 - 2013)

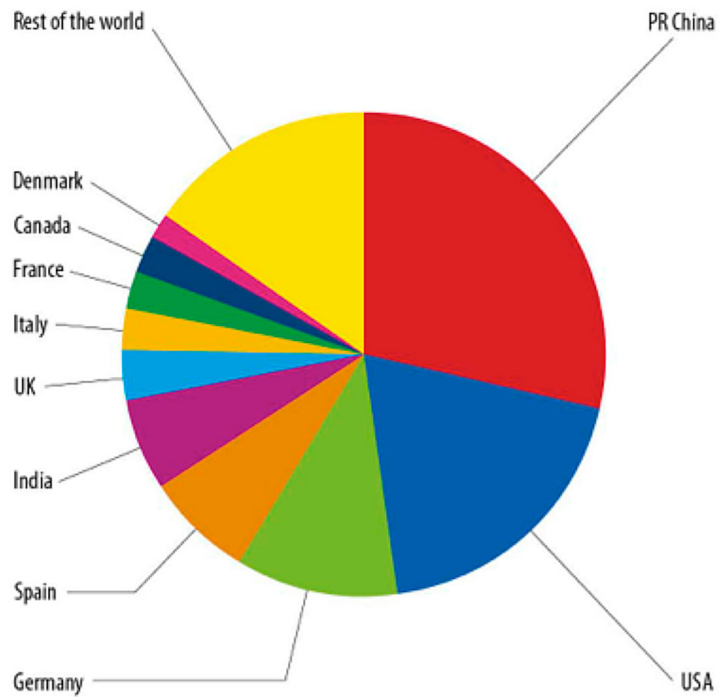


Sumber: Global Wind Energy Council (GWEC), 2014

Cina memiliki kapasitas terpasang PLTB terbesar didunia, diikuti oleh Amerika Serikat dan Jerman, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 80**. Gambar tersebut menjelaskan bahwa teknologi PLTB telah diadopsi secara luas di seluruh dunia. Didalam pasar energi angin yang telah berekembang, penetrasi energi angin yang cukup signifikan telah dapat dicapai pada waktu tertentu. Sebagai contoh, Denmark secara rutin telah mencapai tingkat penetrasi produksi listrik 100% dari energi angin (terinterkoneksi dengan Jerman); Portugal mencapai penetrasi 93% dari energi angin (terinterkoneksi dengan Spanyol); Di Amerika Serikat, Colorado (Xcel) mencapai rekor penetrasi 60% pada tanggal 24 Mei 2013 dan Texas (ERCOT) mencapai rekor penetrasi 35% pada tanggal 21 April 2013. Semua persentase penterasi ini tentu terkait dengan pembebanan listrik dimasing-masing wilayah tersebut.

Data diatas ini menggambarkan bahwa teknologi PLTB adalah teknologi yang telah matang dan siap untuk memproduksi listrik dengan tingkat penetrasi tinggi yang dimungkinkan dalam sistem yang terinterkoneksi.

————— *GAMBAR 80* —————  
**INSTALASI TENAGA ANGIN GLOBAL  
 KUMULATIF BEBERAPA NEGARA DIDUNIA  
 PER DESEMBER 2013**  
 .....



Country	MW	% SHARE
** PR China	91,424	28.7
USA	61,091	19.2
Germany	34,250	10.8
Spain	22,959	7.2
India	20,150	6.3
UK	10,531	3.3
Italy	8,552	2.7
France	8,254	2.6
Canada	7,803	2.5
Denmark	4,772	1.5
Rest of the world	48,352	15.2
<b>Total TOP 10</b>	<b>269,785</b>	<b>84.8</b>
<b>World Total</b>	<b>318,137</b>	<b>100.0</b>

\*\* Provisional Figure  
 \* Projects fully commissioned, grid connections pending in some cases

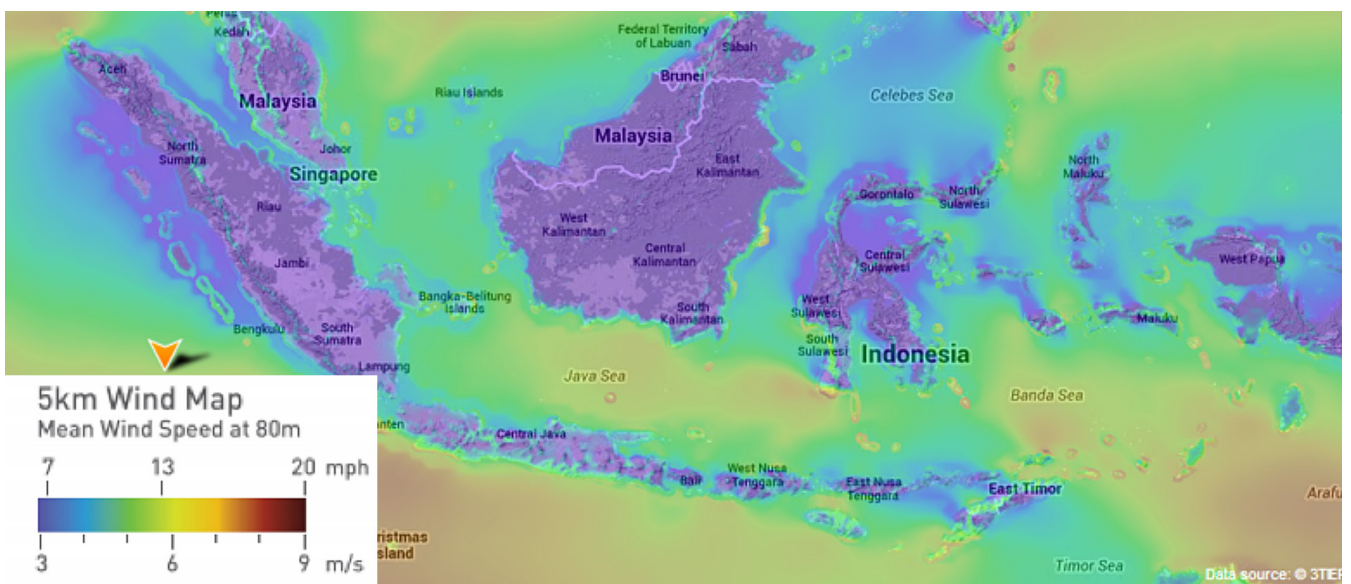
Sumber: Global Wind Energy Council (GWEC)

# 9.2

## POTENSI ENERGI ANGIN DI INDONESIA

Pada prinsipnya energi angin terjadi ketika angin bertiup dengan kekuatan yang kuat dan konsisten. Daerah yang berangin menghasilkan lebih banyak energi sehingga menurunkan biaya produksi listrik dari energi angin. Walaupun sumber daya angin tidak menarik di sebagian besar wilayah Indonesia, namun demikian terdapat daerah yang berangin cukup kuat di bagian Timur wilayah Indonesia (Timor Barat, Sumba), Sulawesi Selatan dan beberapa daerah sepanjang Pantai Selatan Jawa, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 81** di bawah.

GAMBAR 81  
(3TIER) PETA SUMBER DAYA  
ANGIN INDONESIA

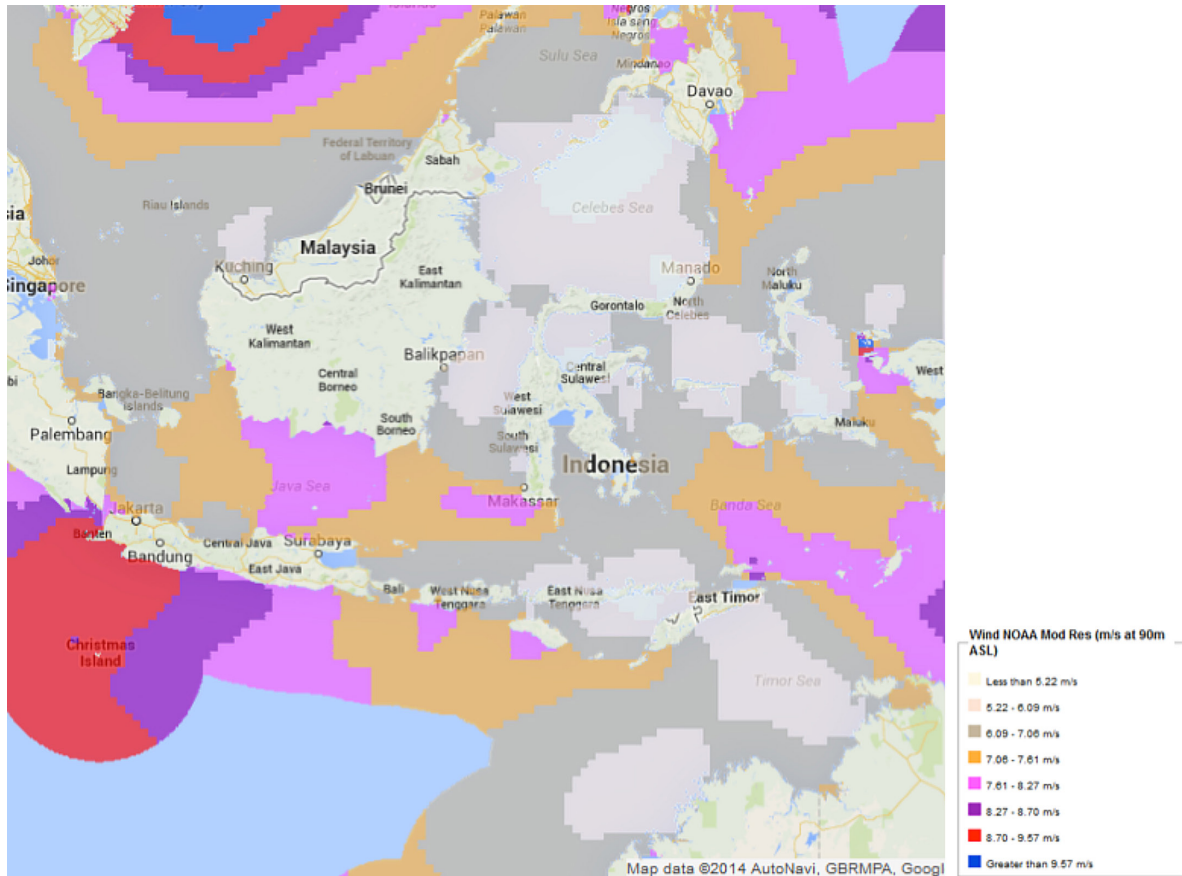


Kecepatan angin rendah ditunjukkan dengan warna ungu dan biru, dan kecepatan angin yang lebih tinggi ditunjukkan dengan warna kuning, oranye dan coklat.

Peta sumber daya angin telah tersedia saat ini, peta tersebut disusun berdasarkan penelitian terus-menerus yang dapat membantu individu, komunitas, dan pengembang untuk menentukan apakah sumber angin di daerah tertentu memadai untuk pembangkitan energi tenaga angin. Studi yang berbeda mungkin dapat mengungkapkan data atau hasil yang sedikit berbeda, akan tetapi studi tersebut umumnya akan menghasilkan informasi yang relatif tidak jauh berbeda untuk PLTB. Gambar di bawah menunjukkan contoh peta sumber daya angin dari NOAA, yang tersedia di website Laboratorium Energi Terbarukan Nasional (NREL<sup>1</sup>) yang memiliki data yang relatif sama dengan peta pada gambar di atas.

<sup>1</sup> The US Department of Energy's primary national laboratory for renewable energy and energy efficiency research and development.

————— **GAMBAR 82** —————  
**PETA SUMBER DAYA**  
**ANGIN INDONESIA**



Sumber: [http://maps.nrel.gov/swera?visible=swera\\_wind\\_nasa\\_lo\\_res&opacity=50&extent=95.01,-11.00,141.01,5.91](http://maps.nrel.gov/swera?visible=swera_wind_nasa_lo_res&opacity=50&extent=95.01,-11.00,141.01,5.91).



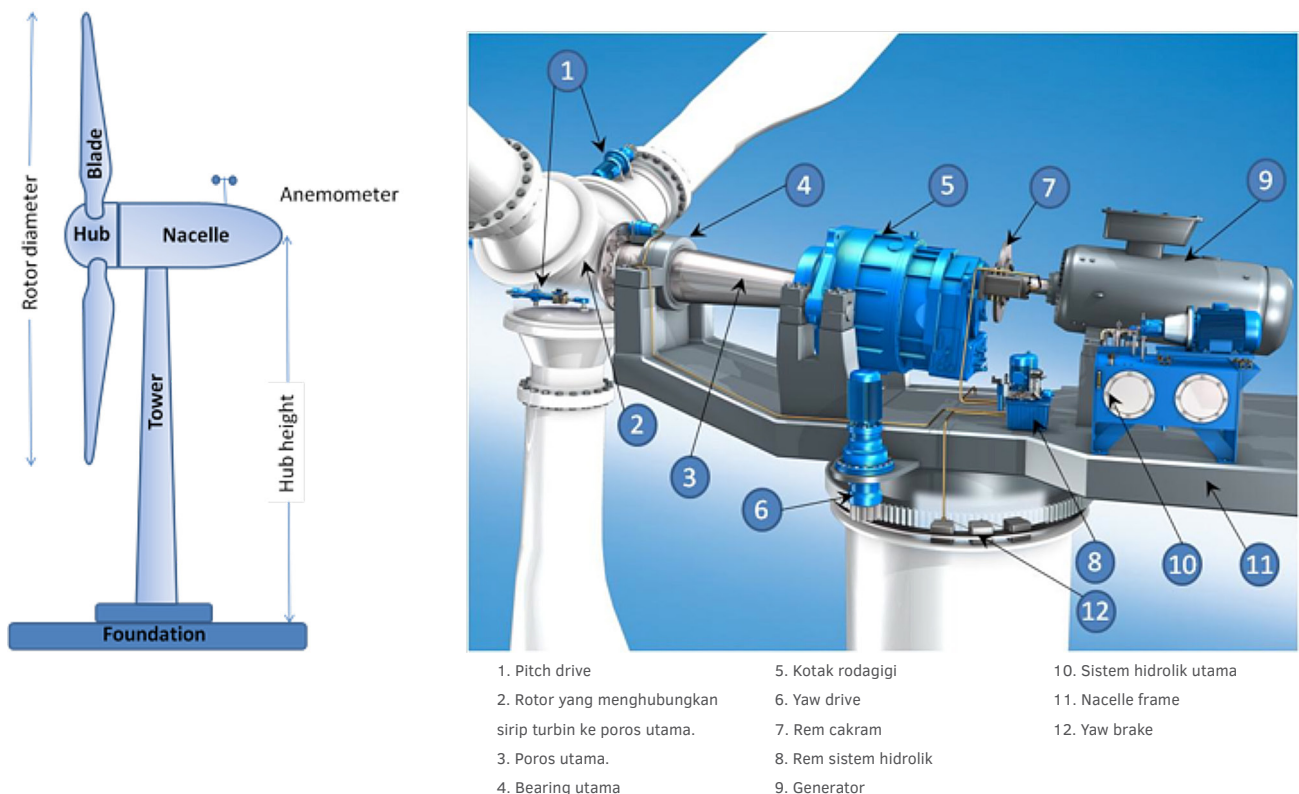
# 9.3

## TEKNOLOGI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN/BAYU

Selain kecepatan angin yang tersedia di wilayah yang dipilih, kapasitas energi yang dihasilkan ditentukan oleh teknologi turbin angin yang dipilih. Meskipun demikian kecepatan angin adalah faktor yang paling penting. Lokasi dengan kecepatan rata-rata anginnya dua kali lipat lebih besar memiliki kemampuan pembangkitan daya 8 kali lipat untuk daerah yang sama. Atau, untuk menangkap energi yang sama, sirip turbin angin di lokasi berkecepatan angin rendah harus berukuran kurang lebih 3 kali lebih panjang<sup>22</sup>.

Ada 12 (dua belas) komponen pada PLTB, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 83**.

**GAMBAR 83**  
KOMPONEN-KOMPONEN TEKNOLOGI PLTB



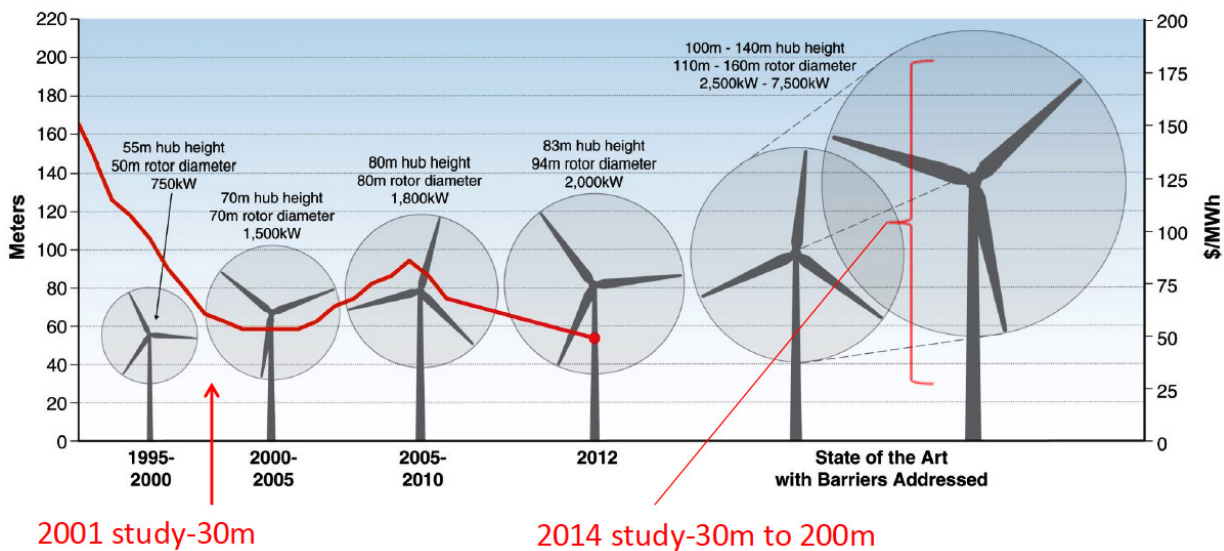
Sumber: P. Jain, Wind Energy Engineering, McGraw-Hill, New York, 2010

<sup>22</sup> <http://www.greenrhinoenergy.com/renewable/wind/>

Turbin angin ini tersedia dalam berbagai ukuran, dan karena itu juga tersedia dalam berbagai kapasitas pembangkitan. Pembangkit listrik terbesar yang pernah dibangun memiliki sirip turbin angin dengan panjang lebih dari panjang lapangan sepak bola, berdiri setinggi gedung bertingkat 20 lantai, dan menghasilkan listrik cukup untuk 1400 rumah. Pembangkit listrik perumahan yang berukuran kecil memiliki rotor dengan diameter antara 8 sampai dengan 25 kaki dan berdiri tegak setinggi lebih dari 30 kaki dan dapat menyuplai semua kebutuhan tenaga listrik rumah atau unit bisnis kecil. Pembangkit listrik skala utilitas berukuran antara 50 sampai 750 kilowatt. Satu unit turbin angin kecil, dengan kapasitas di bawah 50 kilowatt, digunakan untuk rumah, sistem telekomunikasi, atau pompa air<sup>3</sup>.

**Gambar 84** di bawah menunjukkan kecepatan perkembangan teknologi turbin angin sejak tahun 1995 dari studi yang dilakukan pada tahun 2014 untuk meningkatkan kapasitas pembangkit tenaga angin.

————— **GAMBAR 84** —————  
**TEKNOLOGI TURBIN**



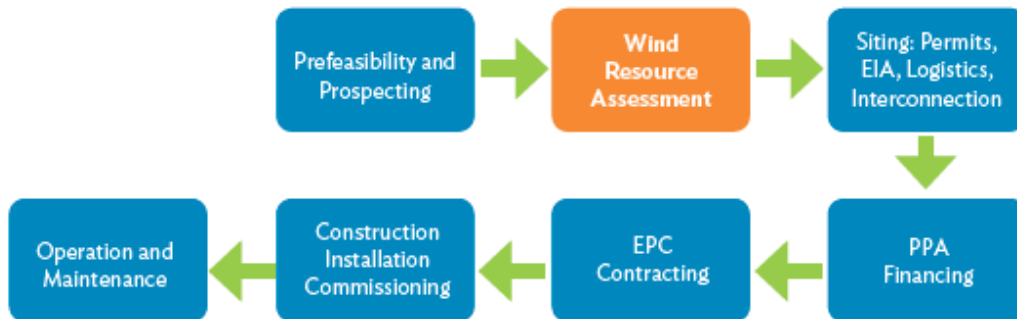
Cepatnya perkembangan teknologi turbin angin yang difokuskan pada ukuran menara turbin yang lebih tinggi dan rotor turbin lebih besar (sirip turbin yang lebih panjang) mengakibatkan berubahnya lansekap pengembangan energi angin.

<sup>3</sup> <http://windeis.anl.gov/guide/basics/>

# 9.4

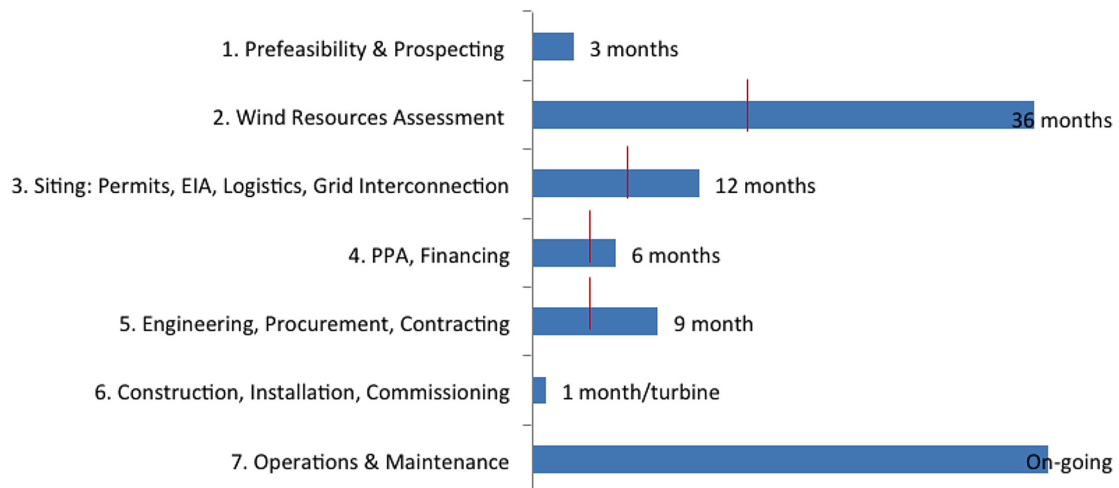
## TAHAPAN DIDALAM PENGEMBANGAN PROYEK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN/BAYU

GAMBAR 85  
AKTIVITAS DIDALAM TAHAPAN  
PENGEMBANGAN PROYEK PLTB



EIA = Penilaian Dampak Lingkungan , EPC = Konstruksi dan Pengadaan Mesin,  
PPA = Perjanjian Pembelian Energi  
Sumber: Jin, Pramod. 2010. *Wind Energy Engineering*. New York: McGraw-Hill

GAMBAR 86  
DURASI KEGIATAN PEMBANGUNAN PROYEK  
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN



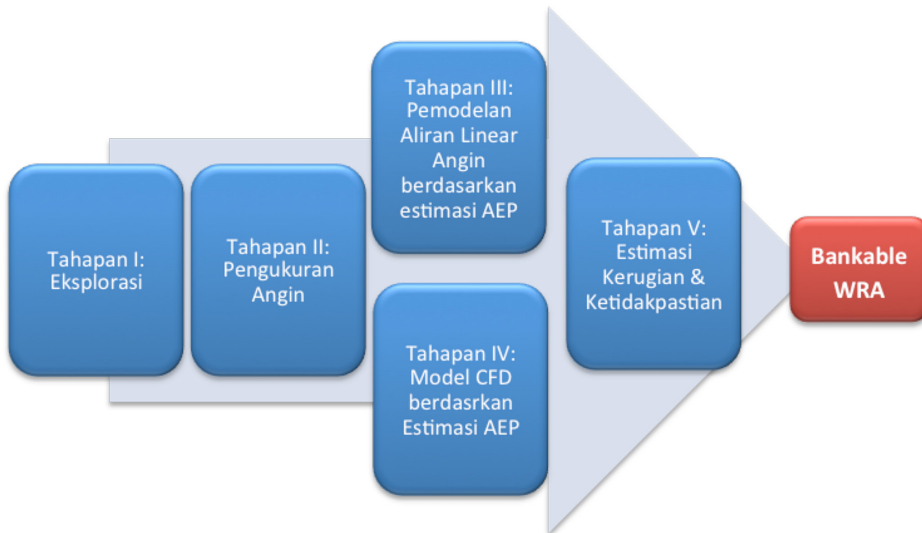
TABEL 21  
**DESKRIPSI AKTIVITAS-AKTIVITAS DIDALAM  
 TAHAPAN PENGEMBANGAN PROYEK PLTB**

AKTIVITAS (DURASI)	DESKRIPSI
<b>Pra-kelayakan &amp; Eksplorasi potensi</b> (3 bulan)	Tujuan dari analisis pra-kelayakan adalah untuk menentukan daerah-daerah yang memiliki potensi untuk proyek-proyek energi angin yang layak. Analisis ini menggunakan peta sumber daya angin publik yang tersedia, serta dengan pertimbangan seperti tarif, ketersediaan lahan, proses perijinan, proses transmisi, logistik, biaya proyek dan lain-lain. Setelah lokasi-lokasi yang mempunyai potensi angin berhasil diidentifikasi oleh pra-kelayakan, kegiatan eksplorasi dilaksanakan. Ini melibatkan kunjungan ke daerah yang mempunyai potensi untuk mengumpulkan data tambahan tentang kondisi daerah, vegetasi, kepemilikan tanah dan faktor lainnya. Hasil dari eksplorasi adalah daerah yang mempunyai prospek tertinggi dan lokasi untuk pengukuran angin di daerah ini.
<b>Kajian Potensi Sumber daya angin WRA - Wind Resource Assessment</b> (≤ 15 bulan; 2 sampai dengan 3 tahun untuk proyek PLTB yang besar)	Kajian potensi sumber daya angin adalah analisa kuantifikasi sumber daya angin untuk menghitung parameter seperti kecepatan rata-rata angin, kerapatan energi angin rata-rata dan produksi energi rata-rata tahunan (AEP) dari pembangkit listrik tenaga angin (WPP) yang diusulkan. Kajian awal potensi sumber daya angin dimulai pada kegiatan sebelumnya. Sebagian besar aktivitas dalam fase ini adalah: pengukuran kecepatan angin, estimasi AEP berdasarkan pemodelan aliran angin, estimasi AEP berdasarkan model Komputasi Dinamika Fluida (CFD) untuk daerah yang mempunyai medan yang kompleks, dan estimasi kerugian dan ketidakpastian.
<b>Peletakan: Perijinan, Analisa Dampak Lingkungan, Logistik, Interkoneksi ke Jaringan</b> (6 sampai dengan 12 bulan)	Aktivitas Peletakan Proyek meliputi semua kegiatan yang mendahului konstruksi seperti: analisa dampak lingkungan (AMDAL), analisis gangguan melalui penerbangan, analisis gangguan sinyal radar dan telekomunikasi, perencanaan dan rekayasa, perencanaan logistik, interkoneksi ke jaringan dan perizinan. Kegiatan ini dapat dilaksanakan secara paralel dengan langkah WRA.
<b>PPA, Pembiayaan</b> (3 sampai dengan 6 bulan)	Kegiatan ini berfokus pada aspek finansial proyek. Negosiasi Perjanjian Jual Beli Listrik (PPA) dengan PLN adalah langkah pertama yang kemudian ditindaklanjuti dengan perjanjian dengan penyandang dana modal dan pinjaman. Kegiatan ini terjadi setelah kegiatan WRA dan Peletakan Proyek.
<b>Rekayasa, Pengadaan, Kontrak</b> (3 bulan. Pengiriman Turbine angin: 9 bulan)	Kegiatan ini dimulai dengan pemilihan kontraktor EPC dan pemilihan turbin untuk proyek. Dalam kegiatan ini rincian rencana proyek dibuat bersama dengan rekayasa rinci pondasi, jalan, sistem pengumpulan, gardu induk, jaringan interkoneksi, logistik dan lain-lain.
<b>Konstruksi, Instalasi, Komisioning</b> (1 turbine/bulan)	Pada kegiatan ini lokasi dipersiapkan, jalan dibangun, pondasi turbin dibangun, menara dibangun, nacelle dan rotor diinstalasikan, dan kemudian pelaksanaan komisioning turbin.
<b>Pengoperasian dan pemeliharaan</b> (berlanjut)	Setelah komisioning turbin, maka dilakukan pengoperasian dan pemeliharaan peralatan tersebut secara berkelanjutan.

# 9.5

## PROSES PENGAJIAN SUMBER DAYA ANGIN

GAMBAR 87  
LIMA TAHAP PENGAJIAN SUMBER DAYA ANGIN



TABEL 22  
LIMA TAHAPAN "WIND RESOURCE ASSESSMENT" PENILAIAN SUMBER DAYA ANGIN

TAHAPAN WRA	DESKRIPSI
<b>Tahapan I:</b> Eksplorasi potensi	WRA awal dilakukan selama fase eksplorasi potensi angin proyek. Selama fase eksplorasi, pengembang proyek mengevaluasi berbagai potensi daerah dengan tujuan untuk mengidentifikasi daerah-daerah yang akan dilaksanakan pengukuran angin. Pada tahap ini, tidak ada data angin setempat yang tersedia; oleh karena itu, data publik untuk kecepatan angin yang tersedia dapat digunakan. Data tersebut bersifat kasar dan biasanya menghasilkan AEP dengan akurasi dari $\pm 50\%$ . Dua sumber data online yang berguna untuk mencari potensi adalah: 3Tier dan AWS Antec. Keduanya memberikan data angin berdasarkan model prediksi numerik cuaca meso-skala (NWP) dengan data analisa ulang.

TAHAPAN WRA	DESKRIPSI
<b>Tahapan II:</b> Pengukuran Angin	Secara teoritis, produksi energi angin adalah fungsi kubik kecepatan angin, yang berarti bahwa 5% kenaikan/penurunan kecepatan angin dapat menghasilkan sekitar 15% kenaikan/penurunan produksi energi. Oleh karena itu, pengukuran kecepatan angin yang akurat sangat diperlukan. Setidaknya satu tahun pengukuran angin setempat diperlukan di daerah proyek. Ada dua metode pengukuran yang umum pengukuran angin secara konvensional dan pengukuran angin dengan cara remote.
<b>Tahapan III:</b> Estimasi AEP berdasarkan pemodelan Aliran Angin Linear	<p>Model aliran angin linier seperti WASP digunakan untuk ekstrapolasi spasial inti dan komputasi AEP. Perangkat lunak lain yang membantu keseluruhan proses tahap III adalah WindPRO, Eind Farmer dan OpenWind.</p> <p>Tahap ini dilakukan setelah setidaknya satu tahun setelah data pengukuran di tempat tersedia. Ini dimulai dengan pemodelan GIS elevasi, kekasaran dan hambatan di daerah proyek. Dengan model GIS dan data hasil pengukuran di beberapa lokasi di wilayah proyek, ekstrapolasi spasial kecepatan angin pada daerah seluruh proyek dapat dilakukan. Selama langkah ekstrapolasi spasial, model aliran angin digunakan untuk memperkirakan kecepatan angin, biasanya pada grid 50 x 50 meter persegi seluruh area proyek. Cara ini menghasilkan peta rinci sumber daya angin (WRM) daerah proyek, yang digunakan untuk microsite turbin di lokasi yang mempunyai potensi sumber paling tinggi, yang mana tergantung pada berbagai kendala dalam penentuan tapak. Langkah berikutnya adalah menghitung AEP di setiap lokasi turbin dengan ekstrapolasi kecepatan angin yang terukur pada ketinggian hub dan kemudian menerapkan kurva produksi listrik turbin. Ekstrapolasi spasial dan vertikal yang dilakukan tahap II berlaku untuk kondisi medan yang tidak terlalu banyak perbedaan, stabilitas termal (tidak ada konveksi), dan kekasaran di sekitar lokasi pengukuran disesuaikan dengan kekasaran di sekitar lokasi turbin.</p>
<b>Tahapan IV:</b> Estimasi AEP berdasarkan CFD	Pemodelan Komputasi Dinamika fluida (CFD) dilakukan jika asumsi model pada tahap III tidak berlaku. Hal ini diperlukan untuk kasus-kasus daerah dengan kondisi yang kompleks dan mempunyai ketidakstabilan termal. CFD adalah dimodelkan pada grid 3 dimensi dan diproses di kluster komputer yang berkinerja tinggi. Meskipun model CFD meningkatkan biaya untuk WRA, namun demikian pemodelan tersebut merupakan investasi yang berharga ketika asumsi-asumsi yang terkait dengan tahap III WRA tidak benar-benar berlaku. Dibandingkan dengan tahap III WRA, keluaran dari CFD berbasis WRA adalah peta rinci perkiraan sumber daya angin (WRM) yang lebih baik. Langkah terakhir dari perhitungan AEP adalah sama pada tahap III dan IV.
<b>Tahapan V:</b> Estimasi Ketidakpastian dan Rugi-rugi	<p>Para pemangku kepentingan proyek angin tertarik untuk memahami sumber daya dan besar rugi-rugi energi dan ketidakpastian. Meskipun rugi-rugi dan ketidakpastian sering dijelaskan bersama-sama, namun demikian dua hal tersebut adalah konsep yang saling eksklusif. Rugi-rugi adalah perkiraan penurunan output energi yang diketahui. Sebagai contoh estimasi WRA terhadap hilangnya energi karena olakan adalah 6%. Ini adalah kerugian yang diperkirakan. Kerugian tersebut dapat mencapai kisaran 10-12% pada daerah dimana pasar teknologi ini berkembang dan kondisi daerah sangat dikenal. Untuk proyek-proyek yang kompleks, kerugian dapat mencapai sekitar 15%. Rugi-rugi harus dikurangkan pada estimasi AEP di tahap III dan IV untuk menghasilkan AEP bersih.</p> <p>Ketidakpastian, di sisi lain adalah sebuah konsep statistik yang menggambarkan varians dari perkiraan. Sebagai contoh, pertimbangkan perkiraan AEP 20GWh. Beberapa faktor dapat menyebabkan AEP antara 18GWh dan 22GWh. Ketidakpastian dalam perkiraan adalah <math>\pm 2GWh</math>. Di pasar yang berkembang dan dengan kondisi yang diketahui, ketidakpastian diukur dari standar deviasi AEP sebagai persentase dari rata-rata AEP adalah sekitar 12%, dan untuk pasar baru mungkin 20 sampai 25%. AEP untuk probabilitas berbeda (P75, P90, P95) dihitung dengan mengurangkan kelipatan standar deviasi dari AEP bersih yang sesuai.</p>

### Keluaran: Kajian Sumber daya angin yang Bankable

Output/keluaran dari proses WRA adalah laporan kajian sumber daya angin yang bankable. Deskripsi yang paling tepat adalah: “perkiraan sumber daya yang bankable adalah, perkiraan yang memiliki cukup data tersedia yang dapat diverifikasi (high quality) untuk mengukur ketidakpastian sumber daya angin di lokasi proyek yang direncanakan.” Sebaliknya WRA yang tidak bankable: “... biasanya pada tahap awal dari estimasi sumber daya ketika ketidakpastian dalam memprediksi kondisi angin tidak sepenuhnya dipahami atau diukur dan, karenanya, pengembalian investasinya mempunyai tingkat ketidakpastian yang tinggi.”

# 9.6

## ASPEK INVESTASI DAN FINANSIAL PROYEK PLTB

Biaya peningkatan energi (LCOE) untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin/Bayu(WPP) dengan kapasitas 20MW atau lebih tinggi adalah dalam kisaran USD 0,09 untuk 0,20 per kWh yang tergantung pada:

- » Biaya total instalasi, yang termasuk juga biaya modal.
- » Biaya Pengoperasian dan Pemeliharaan. Dalam rentang USD 0.015 sampai dengan USD 0.025 per kWh. Biaya lebih tinggi ada pada negara-negara yang tidak mempunyai prioritas atau hanya sedikit instalasi WPP.
- » Parameter utang. Kebanyakan WPP dibiayai dengan 70% utang, oleh karena itu tingkat suku bunga dan durasi utang memiliki dampak signifikan pada LCOE.
- » Parameter ekuitas. Kebanyakan WPP dibiayai dengan 30% ekuitas, oleh karena itu tingkat pengembalian modal diharapkan memiliki dampak pada LCOE.
- » Pajak-pajak, insentif-insentif dan penyusutan yang diijinkan adalah beberapa faktor lain yang mempengaruhi LCOE.

Investasi yang diperlukan untuk PLTB diberikan pada **Tabel 23**.

**TABEL 23**  
PARAMETER FINANSIAL PROYEK PLTB  
DENGAN BEBERAPA UKURAN TURBIN

UKURAN TURBIN	USIA PAKAI (TAHUN)	FAKTOR KAPASITAS BERSIH (%)	BIAYA PROYEK (US \$ PER KW)		
			TURBINE	BALANCE OF PLANT	TOTAL
Between 10 and 50kW	20	15 <sup>4</sup>	3.500	2.500	6.000 <sup>5</sup>
50kW to 1MW	20	20 <sup>6</sup>	2.500	1.500	4.000 <sup>7</sup>
Greater than 1MW	20	30 <sup>7</sup>	1.300	700	2.000 <sup>8</sup>

<sup>4</sup> Ketinggian Hub 30 m and kecepatan angin 6 m/s pada ketinggian hub tersebut

<sup>5</sup> Pembangkit Listrik Tenaga Angin dengan 2 turbine atau lebih

<sup>6</sup> Ketinggian Hub 50 m and kecepatan angin 6.5 m/s pada ketinggian hub tersebut

<sup>7</sup> Ketinggian Hub 85 m and kecepatan angin 7 m/s pada ketinggian hub tersebut

<sup>8</sup> Pembangkit Listrik Tenaga Angin dengan kapasitas 20 MW atau lebih besar

# 9.7

## PERTIMBANGAN PENTING UNTUK PLTB

Dibawah ini terdapat beberapa **faktor kunci sukses** untuk pengembangan PLTB:

- » **Lokasi sumber daya angin**  
Lokasi yang dipilih untuk PLTB harus memiliki potensi angin yang menguntungkan. Karena ini adalah hanya satu-satunya bahan bakar untuk pembangkit listrik dan output energi tergantung pada kubik dari kecepatan angin (secara teoritis), lokasi dengan kecepatan angin 10% lebih tinggi akan menghasilkan 30% energi yang lebih tinggi.
  
- » **Pemilihan lokasi Proyek**  
Lokasi yang dipilih untuk PLTB harus menyelesaikan masalah-masalah berikut, yang harus diidentifikasi secara dini dan ditangani dengan baik:
  - Dampak lingkungan—spesies-spesies yang terancam punah, migrasi burung-burung dan satwa liar lainnya
  - Dampak estetika pada lokasi-lokasi penting budaya atau alam
  - Interferensi dengan sinyal radar keamanan militer, radar cuaca, sinyal telekomunikasi
  - Resiko terhadap penerbangan.
  
- » **Lokasi kaitannya dengan Proses Konstruksi dan Infrastruktur**  
Lokasi yang dipilih harus mudah diakses oleh pelabuhan dan jalan raya, jembatan dan terowongan sedemikian sehingga peralatan besar seperti crane, sirip turbin dengan panjang 50 m, bagian dari tiang besar, nacelle dan komponen lainnya dapat diangkut. Daerah sekitar PLTB harus sesuai untuk konstruksi. Lokasi harus dekat dengan jalur transmisi dengan kapasitas yang cukup.
  
- » **Kebijakan**  
Proyek-proyek PLTB dalam pasar yang baru berkembang memerlukan dukungan kebijakan yang signifikan. Feed-in-tarif (berbasis biaya) adalah mekanisme yang paling efektif untuk mendukung proyek-proyek PLTB. Selain Feed-in-tarif, berikut ini adalah beberapa hal yang mampu meningkatkan pengembangan proyek-proyek PLTB:
  - Standar Perjanjian Jula Beli Listrik (PPA)
  - Pedoman lisensi yang jelas dan transparan
  - Mekanisme untuk membuat permintaan melalui standar portofolio terbarukan (RPS) atau mekanisme lainnya.
  - Akses ke jaringan listrik yang terbuka dan mudah, bersama dengan kode grid untuk pembangkitan listrik variabel



- » **Kontrak EPC**  
Pengadaan peralatan bersertifikat (turbin, transformator, substation peralatan) dengan sejarah panjang operasi, ditambah dengan kontraktor berpengalaman adalah prasyarat untuk proyek PLTB sukses.
- » **Pengoperasian dan Pemeliharaan**  
Karena siklus hidup proyek angin adalah 20 tahun dan profitabilitasnya tergantung pada tingkat tinggi kinerja turbin dan semua peralatan pendukung lainnya, pengelolaan Pengoperasian dan Pemeliharaan adalah faktor kunci keberhasilan. Garansi jangka panjang dari pemasok peralatan dan personil yang terlatih seharusnya mampu membantu PLTB untuk menghasilkan tingkat keuntungan yang lebih tinggi.

# 9.8

## MANAJEMEN RISIKO PROYEK PLTB

TABEL 24  
RISIKO PROYEK PLTB

TIPE	DESKRIPSI	MITIGASI
<b>Pendapatan:</b>	Pendapatan adalah perkalian dari tarif dengan produksi energi	
→ <b>Tarif, nilai tukar, pembayaran, market</b>	<p>Walaupun PPA merujuk pada satu tarif, terdapat beberapa resiko:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>&gt; Nilai tukar</li><li>&gt; Penundaan atau penghentian pembayaran dari pembeli</li><li>&gt; Jika bagian dari pendapatan tergantung pada harga karbon atau perdagangan kredit energi terbarukan</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>&gt; Jika biaya dalam USD, resiko bisa dikurangi jika tarif ditentukan dalam USD</li><li>&gt; Kontrak yang kuat dapat mengurangi resiko penundaan pembayaran</li><li>&gt; Proyek seharusnya tanpa pendapatan dari sumber lain</li></ul>
→ <b>Kecepatan angin, grid, pemeliharaan, curtailment, cuaca/kejadian lain</b>	<p>Produksi energi tergantung kepada:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>&gt; Kecepatan angin yang bervariasi setiap tahun</li><li>&gt; Keandalan jaringan—di lokasi yang terpencil, jaringan listrik mungkin kurang handal/kuat sehingga sering mengalami pemutusan</li><li>&gt; Keandalan turbin—dilokasi yang terpencil memerlukan waktu yang cukup lama untuk mendapatkan tenaga ahli, diagnosa, suku cadang, crane, dll.</li><li>&gt; Sistem pengatur beban dapat melakukan curtailment selama waktu beban rendah</li><li>&gt; Kejadian seperti gempa bumi, badai, kebakaran dan lainnya dapat menyebabkan pemberhentian yang tidak terjadwal</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>&gt; Ketidakpastian komputasi dan P75 dan P90 harus memperhitungkan variabilitas kecepatan angin</li><li>&gt; Studi dampak jaringan harus mengidentifikasi kelemahan, dan anggaran harus dialokasikan untuk memperkuat jaringan</li><li>&gt; Pemantauan kondisi secara otomatis dapat mengurangi resiko</li><li>&gt; Studi dampak jaringan seharusnya dapat mengidentifikasi kemungkinan tersebut dan perbaikan dapat dikembangkan</li><li>&gt; Estimasi rugi-rugi harus memperhitungkan kejadian-kejadian tersebut</li></ul>

TIPE	DESKRIPSI	MITIGASI
<b>Biaya:</b>	Ada dua biaya: Biaya Kapital/Modal dan biaya Pengoperasian dan Pemeliharaan	
→ <b>Biaya Modal/Kapital</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>› Resiko nilai tukar mata uang</li> </ul>	Biaya peralatan dapat mencapai lebih dari 70% dari biaya kapital. Jika seluruh dari peralatan diimpor, maka akan ada resiko nilai tukar	Perlindungan terhadap nilai tukar mata uang seharusnya dapat mengurangi resiko
<ul style="list-style-type: none"> <li>› Cost over-run</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Biaya logistik</li> <li>› Biaya konstruksi dan crane</li> <li>› Biaya interkoneksi/penyambungan</li> </ul>	Kontraktor EPC yang berpengalaman dengan rancangan, perencanaan dan tim yang baik dan dengan studi dampak yang detail harus dapat mengurangi resiko
→ <b>Biaya Pengoperasian dan Pemeliharaan</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Biaya pengoperasian: Biaya personil, asuransi dan lain-lainnya dapat meningkat secara signifikan dimasa yang akan datang</li> <li>› Biaya pemeliharaan yang terjadwal/tidak terjadwal</li> </ul>	Garansi/kontrak pemeliharaan jangka panjang dengan vendor peralatan atau dengan pihak ketiga yang berpengalaman dapat memitigasi resiko
<b>Lainnya</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Isu lingkungan: Spesies-spesies yang terancam, burung dan binatang liar yang menjadi korban</li> <li>› Penundaan proyek karena masalah tanah/legal/isu oposisi komunitas</li> <li>› Penundaan proyek karena isu interkoneksi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Kajian Dampak Lingkungan yang ketat harus mengurangi resiko</li> <li>› Melibatkan masyarakat sejak awal dan pengkajian penuh terhadap semua faktor kritis harus mengurangi resiko</li> </ul>

Strategi lain untuk meminimalkan risiko termasuk:

- » **Pembiayaan melalui vendor, jika tersedia**  
Ketika produsen turbin dan/atau EPC kontraktor adalah mitra ekuitas, maka akan menjadi kepentingan finansial yang membuat PLTB sangat produktif
- » **Jaminan kualitas asuransi yang ketat oleh konsultan independen**  
PLTB adalah sistem yang kompleks; konsultan independen harus diminta untuk melakukan QA pada seluruh komponen pembangkit termasuk: pondasi, tiang, baut, sambungan listrik, sirip turbin, drive train dan kualitas listrik yang diproduksi
- » **Program pemeliharaan yang baik**  
Jika kemampuan lokal tidak tersedia, maka PLTB harus mendapatkan garansi kinerja dari produsen turbin atau pihak ketiga, yang menjamin tingkat kinerja sistem. Jika pemeliharaan dilakukan sendiri, maka a) kondisi sistem pemantauan/monitoring kondisi harus diinstalasi, b) dana yang cukup harus disisihkan untuk biaya penggantian atau perbaikan besar, c) tim teknisi yang terlatih harus dipertahankan, dan d) Jumlah suku cadang harus cukup/tersedia.

## TIM PENYUSUN

Buku Pedoman ini disusun dengan upaya kerjasama OJK dan ICED. Para kontributor buku pegangan ini tercantum sebagai berikut, dengan urutan secara alfabetis.

ASCLEPIAS R. INDRIYANTO

BILL MEADE

CHRISTIAN PICHARD

DANIEL JORDAN

FLORIANO FERREIRA

HANNY J. BERCHMANS

KENDRICK W. WENTZEL

MARK YANCEY

MIGUEL FRANCO

PHIL HOOVER

PRAMOD JAIN

RAYMOND BONA

## OTORITAS JASA KEUANGAN

DEPARTEMEN PENELITIAN DAN PENGATURAN PERBANKAN  
MENARA RADIUS PRAWIRO, LANTAI 9  
KOMPLEK PERKANTORAN BANK INDONESIA,  
JL.MH.THAMRIN NO 2, JAKARTA PUSAT 10350  
TEL. +62-21-296-00000

[WWW.OJK.GO.ID](http://WWW.OJK.GO.ID)