



# PILIHAN TEKNOLOGI

Untuk Pengolahan dan Pemanfaatan Limbah Cair  
Pabrik Kelapa Sawit (POME) di Indonesia

2021



**WIPO GREEN**

The Marketplace  
for Sustainable Technology



**WINROCK**  
INTERNATIONAL



## DISUSUN OLEH

Winrock International (Winrock)  
www.winrock.org

2101 Riverfront Drive  
Little Rock, Arkansas 72202  
tel. +1 501 280 3000

2121 Crystal Drive, Suite 500  
Arlington, Virginia 22202  
tel. +1 703 302 6500

Program Indonesia (YWIL)  
Menara Mandiri II, Lt.11 Suite33, Jl. Jend. Sudirman  
Kav. 54-55, Senayan, Kebayoran Baru, Kota Jakarta  
Selatan, Indonesia  
tel. +62 21 395 06813

Kontak: natalie.rice@winrock.org

Desember 2021

## DISUSUN UNTUK

World Intellectual Property Organization (WIPO)  
www.wipo.int

34, chemin des Colombettes  
CH-1211 Geneva 20, Switzerland  
tel. +41 22 338 9111

## KONTRIBUTOR

Peter Oksen  
*WIPO GREEN*

Hari Yuwono  
*Ketua Tim (Winrock)*

Bikash Pandey  
*Ahli Energi Bersih (Winrock)*

Shinta Mulyasari  
*Ahli POME Biogas*

Ade Sri Rahayu  
*Asisten Teknis & Penyunting versi Bahasa Indonesia*

Hannah Adams  
*Desain grafis/Penyunting (Winrock)*

Natalie Rice  
*Ahli Komunikasi (Winrock)*

Angelo Bertagnini  
*Peneliti (Winrock)*

Kiki Siti Rizqiah  
*Administrasi*

Winrock berterima kasih kepada Bapak Martinus Haryo Sutejonoto atas kontribusinya dalam menghitung potensi penurunan emisi gas rumah kaca dalam katalog ini. Winrock juga berterima kasih kepada Bapak J. Prasetya Subekti dan Bapak Dr.-Ing. M. Abdul Kholiq, M.Sc. yang turut memeriksa katalog versi Bahasa Indonesia.

## SANGKALAN

Publikasi Winrock International dan WIPO GREEN ini sama sekali tidak berafiliasi dengan perusahaan yang ditampilkan dalam katalog ini, dan publikasi ini juga menyiratkan bahwa masih ada perusahaan maupun solusi teknologi lain selain yang dimuat di dalam katalog ini. Semua konten dalam publikasi ini disampaikan dengan itikad baik dan didasarkan pada informasi yang diberikan langsung dari penyedia konten, termasuk namun tidak terbatas pada nilai biaya operasional dan biaya investasi. Oleh karena itu, baik Winrock International maupun WIPO GREEN menyangkal jaminan apapun, tersurat maupun tersirat, mengenai keakuratan, kecukupan, validitas, keandalan, ketersediaan, atau kelengkapan atas informasi apa pun yang ditampilkan. Winrock International dan WIPO GREEN tidak bertanggung jawab atas hasil negatif apapun sebagai akibat dari tindakan yang diambil berdasarkan informasi dalam publikasi ini.

## TAUTAN URL

Publikasi ini berisi tautan ke situs web eksternal yang tidak disajikan ataupun dikelola oleh Winrock International atau WIPO GREEN. Tanggung jawab atas konten situs eksternal yang terdaftar ada pada penerbitnya masing-masing. Tautan yang dimuat di dalam katalog ini hanya untuk tujuan kontak dan informasi saja; Winrock dan WIPO GREEN tidak mensponsori atau mendukung konten apa pun di dalamnya. Upaya untuk memastikan legitimasi setiap situs yang ditautkan telah dilakukan, Winrock dan WIPO GREEN tidak memberikan jaminan apa pun, tersurat maupun tersirat, mengenai keakuratan





WIPO GREEN, sebuah inisiatif dari World Intellectual Property Organization (WIPO), adalah sarana mempromosikan inovasi dan penyebaran teknologi ramah lingkungan oleh pihak publik-swasta; menghubungkan penyedia teknologi dengan pencari teknologi; dan menawarkan dukungan sebagai katalis menuju transaksi komersial yang saling menguntungkan. Misinya adalah untuk berkontribusi pada percepatan adaptasi, penggunaan, transfer, dan penyebaran solusi teknologi ramah lingkungan, baik di negara berkembang maupun negara maju.

WIPO GREEN memiliki dua komponen utama: Basis data (*database*) WIPO GREEN dan Jaringan WIPO GREEN. Basis data WIPO GREEN terdiri dari penemuan, teknologi, keahlian, dan layanan, serta pengungkapan kebutuhan teknologi. Para pencari solusi dan inovator dapat mengunggah kebutuhan dan solusi teknologi yang mereka tawarkan ke basis data untuk mengidentifikasi potensi kesesuaian antara kebutuhan dan solusi teknologi yang ada, semuanya bebas biaya. Tidak ada persyaratan bahwa teknologi harus dilindungi oleh hak paten atau hak kekayaan intelektual lainnya. Jaringan WIPO GREEN berfungsi sebagai platform global yang menghubungkan pengguna, mendorong kemitraan, dan menyediakan sebuah tempat untuk publikasi penemuan, teknologi, keahlian, dan layanan teknologi ramah lingkungan.

Sebagai bagian dari Proyek Akselerasi WIPO GREEN 2021 di Indonesia, seluruh kebutuhan teknologi dan solusi teknologi yang teridentifikasi terkait pengolahan dan pemanfaatan limbah cair pabrik kelapa sawit (POME) dipublikasikan di basis data WIPO GREEN.

[www3.wipo.int/wipogreen](http://www3.wipo.int/wipogreen)

34, chemin des Colombettes  
CH-1211 Geneva 20, Switzerland  
tel. +41 22 338 9111  
email. [wipo.green@wipo.int](mailto:wipo.green@wipo.int)

Winrock International (Winrock) adalah organisasi nirlaba yang bekerja dengan orang-orang di Amerika Serikat dan di seluruh dunia untuk memberdayakan mereka yang kurang beruntung, meningkatkan peluang ekonomi, dan melestarikan sumber daya alam di seluruh dunia. Winrock International adalah organisasi yang terdepan dan diakui dalam sektor pengembangan di Amerika Serikat dan dunia internasional, dalam memberikan solusi untuk berbagai tantangan sosial, pertanian, dan lingkungan yang paling kompleks di dunia. Winrock International mengelola portofolio lebih dari 140 proyek pertanian, lingkungan dan pembangunan sosial di lebih dari 46 negara.

Cakupan program Winrock di Indonesia menginformasikan pengambilan keputusan untuk mempromosikan solusi energi bersih (bioenergi, tenaga surya, dan angin), penggunaan lahan yang berkelanjutan, dan meningkatkan praktik pertanian bagi petani kecil. Winrock memiliki pemahaman yang mendalam terkait sektor kelapa sawit di Indonesia dan isu-isu lingkungan melalui proyek pengurangan karbon di hutan gambut, penyusunan pedoman pengelolaan lahan gambut untuk skala kecil, dan pembuatan dua metodologi perhitungan karbon untuk produksi minyak sawit di lahan gambut di Asia Tenggara. Winrock memiliki reputasi yang kuat sebagai penasihat teknis dan fasilitator proyek 'POME menjadi energi' di Indonesia.

Untuk Proyek Akselerasi WIPO GREEN 2021 di Indonesia, Winrock memanfaatkan jaringan kontak dan kepemimpinannya dalam proyek 'POME menjadi energi' di Indonesia untuk berinteraksi dengan para pemilik usaha pabrik kelapa sawit, pemasok teknologi, dan asosiasi industri, serta menyusun katalog teknologi WIPO GREEN 2021.

[www.winrock.org](http://www.winrock.org)

2101 Riverfront Drive  
Little Rock, Arkansas 72202  
tel. +1 501 280 3000

2121 Crystal Drive, Suite 500  
Arlington, Virginia 22202  
tel. +1 703 302 6500





# TENTANG PROYEK

*Melalui program kerja sama dengan World Intellectual Property Organization (WIPO), Winrock International melaksanakan Proyek Akselerasi WIPO GREEN 2021 bertajuk Pilihan Teknologi untuk Pengolahan dan Pemanfaatan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (POME) di Indonesia.*

Salah satu capaian proyek akselerasi ini adalah katalog ini yang memuat daftar, penjelasan, dan analisis teknologi mutakhir yang relevan dan tersedia untuk pengolahan dan pemanfaatan limbah cair pabrik kelapa sawit (POME). Informasi yang ditampilkan dalam katalog ini berdasarkan data yang dikumpulkan melalui wawancara daring dan pengisian kuesioner dengan beberapa pengelola pabrik kelapa sawit di Indonesia dan dengan beberapa penyedia teknologi di Indonesia dan di dunia, dan disarikan dari publikasi profil perusahaan, brosur teknologi, dan situs web. Katalog ini menghimpun teknologi, pemasok, dan informasi investasi yang relevan untuk menanggapi kebutuhan pabrik dengan tujuan untuk memudahkan pabrik dan penyandang dana untuk mengevaluasi dan mengimplementasikan opsi ini. Selain itu, teknologi yang tercantum di dalam katalog

ini mungkin dapat juga digunakan untuk industri pengolahan pangan dan pertanian lainnya yang memiliki limbah dengan kandungan organik tinggi dan disimpan di kolam terbuka (misalnya pabrik tepung tapioka).

Organisasi-organisasi utama yang turut berperan dalam konsultasi dan tertarik dengan pengembangan katalog ini antara lain: Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian Republik Indonesia, Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO), Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI), Asosiasi Biogas Indonesia (ABGI), Resilience Development Initiative (RDI), Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), Sustainable Palm Oil Initiative (SPOI), Global Green Growth Institute (GGGI), dan United Nations Development Programme (UNDP) Indonesia.



## TENTANG KATALOG

Katalog teknologi ini menampilkan enam bidang teknologi untuk pengolahan dan pemanfaatan POME, yaitu pemanfaatan biogas, pengolahan sampah dan lumpur, produksi kompos dan pupuk, produksi *biochar*, produksi suplemen pakan ternak, dan proyek hidrogen ramah lingkungan. Bidang teknologi pemanfaatan biogas selanjutnya dibagi menjadi empat bidang teknologi, yaitu sistem pembangkit listrik tenaga biogas, *scrubber* biogas, sistem *upgrading* biogas, dan biogas untuk transportasi. Untuk setiap area dan bidang teknologi, katalog ini memberikan gambaran umum tentang proses yang melibatkan POME, ringkasan informasi keekonomian, manfaat umum, peluang, dan tantangan, serta potensi pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK), jika memungkinkan. Informasi tentang penyedia teknologi menampilkan ringkasan kelayakan teknis teknologi dan model skema kerja sama proyek. Satuan yang digunakan dalam katalog ini merujuk pada sistem Satuan Internasional (SI).

Bidang teknologi yang ditampilkan dalam katalog ini dipilih sebagai tanggapan atas kebutuhan teknologi yang diungkapkan selama wawancara secara satu per satu terhadap 14 pabrik kelapa sawit di Indonesia. Penyedia teknologi yang tercantum dalam katalog ini adalah perusahaan yang memiliki solusi potensial untuk kebutuhan teknologi tersebut, yang dikembangkan dan/atau diterapkan di Indonesia, dan merupakan teknologi inovatif untuk meningkatkan keberlanjutan industri kelapa sawit. Para penyedia teknologi dipilih berdasarkan tanggapan mereka terhadap kuesioner, partisipasi dalam FGD (*Focus Group Discussion*), beserta informasi yang diperoleh melalui wawancara dan korespondensi email. Setiap teknologi yang ditampilkan bertujuan untuk mengurangi emisi GRK melalui pengolahan POME dan beberapa opsi menunjukkan dapat menghasilkan produk yang memiliki nilai tambah dari POME, seperti pembangkitan energi terbarukan untuk menggantikan konsumsi bahan bakar fosil, kompos untuk menggantikan pupuk kimia, atau produk sampingan berharga lainnya.

Informasi lebih lanjut, serta informasi kontak, untuk setiap penyedia dan teknologi yang tercantum dalam katalog ini, serta penyedia dan teknologi lain yang tidak ditampilkan dalam katalog, dapat ditemukan di basis data WIPO GREEN. Basis data WIPO GREEN adalah platform daring untuk percepatan adaptasi, adopsi, dan penyebaran solusi teknologi ramah lingkungan, yang menghubungkan para pencari teknologi dan penyedia layanan. Setiap deskripsi teknologi menyertakan nomor ID basis data WIPO GREEN di bagian atas halaman, yang dapat digunakan untuk mengakses informasi teknologi di dalam basis data WIPO. Semua kebutuhan dan teknologi yang diidentifikasi juga dapat ditemukan dalam bagian Koleksi POME Indonesia di halaman basis data WIPO. Kebutuhan teknologi dan penyedia teknologi lain dapat [menggunggah informasinya ke basis data WIPO GREEN](#).





# DAFTAR ISI

- 3 Industri Kelapa Sawit di Indonesia
- 7 Model Implementasi Proyek
- 10 Penyandang Dana Potensial dan Pasar Karbon
- 11 Katalog Teknologi**
  - 13 Penyedia dan Teknologi yang Ditampilkan
  - 15 Pemanfaatan Biogas
  - 17 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Biogas
  - 21 *Scrubber* Biogas
  - 25 Sistem *Upgrading* Biogas
  - 29 Biogas untuk Transportasi
  - 31 Pengolahan Limbah *Scum* dan Lumpur
  - 35 Produksi Kompos dan Pupuk
  - 37 Produksi *Biochar*
  - 39 Suplemen Pakan Ternak
  - 41 Proyek Hidrogen Ramah Lingkungan
- 43 Material Referensi
  - 44 Panduan Pengguna Basis Data WIPO GREEN
  - 45 Kebutuhan Pabrik
  - 49 Kontak Penyedia dan Referensi Proyek



# AKRONIM

<i>Biogas-based Compressed Natural Gas</i>	<b>Bio-CNG</b>
<i>Biological Oxygen Demand</i>	<b>BOD</b>
<i>Build, Own, and Operate</i>	<b>BOO</b>
<i>Build, Own, Operate, and Transfer</i>	<b>BOOT</b>
Metana	<b>CH<sub>4</sub></b>
<i>Chemical Oxygen Demand</i>	<b>COD</b>
Karbon dioksida	<b>CO<sub>2</sub></b>
Minyak Sawit Mentah ( <i>Crude Palm Oil</i> )	<b>CPO</b>
<i>Engineering, Procurement, and Construction</i>	<b>EPC</b>
<i>Engineering, Procurement, Construction, and Commissioning</i>	<b>EPCC</b>
Uni Eropa ( <i>European Union</i> )	<b>EU</b>
Gas Rumah Kaca	<b>GRK</b>
Hidrogen	<b>H<sub>2</sub></b>
<i>High-Density Polyethylene</i>	<b>HDPE</b>
International Sustainability and Carbon Certification	<b>ISCC</b>
Indonesian Sustainable Palm Oil	<b>ISPO</b>
Kerjasama Pemerintah dan Badan Usaha	<b>KPBU</b>
Kilowatt Listrik ( <i>Kilowatt Electric</i> )	<b>kWe</b>
Kilowatt Jam ( <i>Kilowatt Hour</i> )	<b>kWh</b>
Megawatt Listrik ( <i>Megawatt Electric</i> )	<b>MWe</b>
Amonia	<b>NH<sub>3</sub></b>
Normal meter kubik	<b>Nm<sup>3</sup></b>
<i>Operation and Maintenance</i>	<b>O&amp;M</b>
<i>Palm Oil Mill Effluent</i>	<b>POME</b>
<i>parts per Million</i>	<b>ppm</b>
Arahan Energi Terbarukan ( <i>Renewable Energy Directive</i> )	<b>RED</b>
Roundtable on Sustainable Palm Oil	<b>RSPO</b>
Protein Sel Tunggal ( <i>Single-Cell Protein</i> )	<b>SCP</b>
<i>Special Purpose Vehicle</i>	<b>SPV</b>
Tandan Buah Segar	<b>TBS</b>
Tandan Kosong Kelapa Sawit	<b>TKKS</b>
Tingkat Kesiapan Teknologi ( <i>Technology Readiness Level</i> )	<b>TRL</b>
World Intellectual Property Organization	<b>WIPO</b>



# INDUSTRI KELAPA SAWIT DI INDONESIA

Minyak sawit merupakan minyak nabati yang paling banyak dikonsumsi di planet ini, kandungan minyak sawit terdapat dalam produk kemasan mulai dari lipstik dan sampo, hingga adonan pizza dan cokelat. Minyak sawit dikenal secara umum sebagai sumber minyak nabati yang relatif efisien, namun minyak sawit memiliki jejak karbon yang mengkhawatirkan, mengingat ekspansi industri sawit yang cepat berdampak secara signifikan terhadap peningkatan konsentrasi global gas rumah kaca (GRK).<sup>1</sup>

Sepuluh persen dari lahan pertanian permanen global tercatat sebagai lahan perkebunan sawit,<sup>2</sup> dan lebih dari 85 persen minyak sawit diproduksi di Indonesia dan Malaysia. Produksi minyak sawit di Indonesia meningkat menjadi 42,5 juta metrik ton pada 2019, atau sebesar 58 persen dari produksi global. Malaysia sebagai produsen minyak sawit terbesar kedua memproduksi 26% dari total

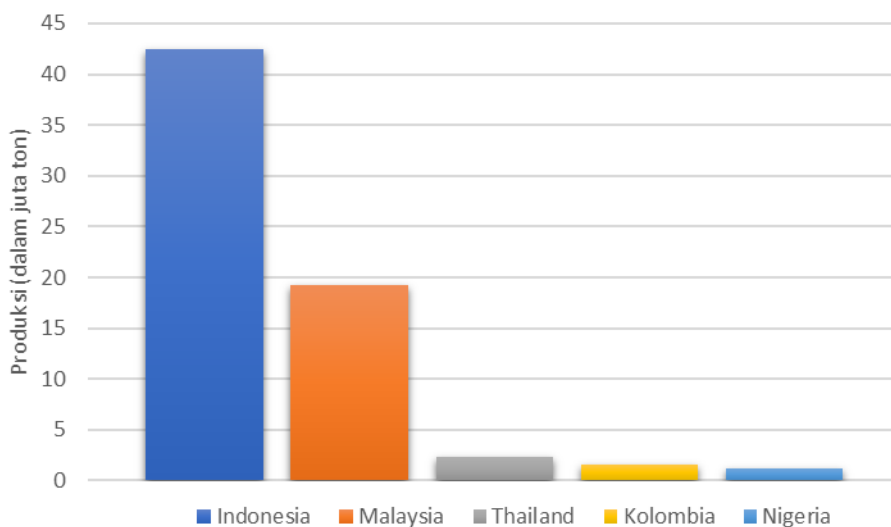
produksi global sebesar 19,3 juta ton. Produsen terbesar berikutnya antara lain Thailand, Kolombia, dan Nigeria, meskipun tiap negara tersebut memproduksi kurang dari 3 juta ton per tahun pada 2019 (lihat gambar).<sup>3</sup>

Provinsi Riau di Sumatera merupakan penghasil minyak sawit terbesar di Indonesia pada tahun 2019, dengan produksi minyak sawit mentah (CPO) sebesar 9,87 juta ton per tahun, rendemen 4,13 ton CPO per hektar. Saat ini, wilayah yang memiliki produktivitas kelapa sawit tertinggi adalah provinsi Kalimantan Tengah dengan rendemen sekitar 4,9 ton CPO per hektar, dan produksi CPO sebesar 7,4 juta ton per tahun.<sup>5</sup>

Industri sawit memiliki implikasi ekonomi yang besar bagi negara, mengingat sebagian besar produksi minyak sawit di Indonesia diekspor ke luar negeri. Pada tahun 2019, Indonesia mengekspor 30,2 juta ton minyak sawit, dengan nilai sekitar USD 16 miliar dolar. Lima

besar negara pengimpor minyak sawit dari Indonesia pada tahun 2019 adalah India, Spanyol, Singapura, Belanda, dan Malaysia; meskipun Malaysia cenderung menggunakannya untuk proses produksi atau mengekspor kembali.<sup>3</sup> Di dalam negeri, lebih dari 2 juta orang di Indonesia secara langsung bekerja di industri kelapa sawit, dan lebih banyak lagi yang menerima manfaat ekonomi secara tidak langsung.

Negara produsen minyak sawit terbesar pada tahun 2019<sup>3</sup>





## INDUSTRI KELAPA SAWIT DAN EMISI GRK

Saat ini, tiga miliar orang di 150 negara menggunakan produk yang mengandung minyak sawit.<sup>2</sup> Antara tahun 1995 dan 2015, produksi minyak sawit global meningkat empat kali lipat, dari 15,2 juta menjadi 62,6 juta ton per tahun, dan pada tahun 2050 diperkirakan akan meningkat empat kali lipat lagi, mencapai 240 juta ton minyak sawit diproduksi dalam setahun. Demikian pula, total luas lahan yang ditanami kelapa sawit di Indonesia meningkat lebih dari tiga kali lipat sejak tahun 2000 menjadi hampir 14,33 juta hektar pada tahun 2018.<sup>3</sup>

Arahan Energi Terbarukan (RED) dan Arahan Kualitas Bahan Bakar Uni Eropa (EU) berdampak pada peningkatan permintaan minyak sawit untuk *biofuel*, sekaligus mengharuskan *biofuel* yang diproduksi memenuhi ambang batas pengurangan GRK yang ditentukan. Selain itu, untuk memenuhi syarat sertifikasi yang memiliki kesamaan dengan persyaratan EU, banyak skema sertifikasi telah memasukkan persyaratan GRK ini ke dalam standar mereka sendiri. Standar International Sustainability and Carbon Certification (ISCC) serta standar Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO) adalah contoh bagaimana sertifikasi untuk industri minyak sawit semakin berkembang pesat untuk memasukkan persyaratan GRK EU.<sup>6</sup>

Total emisi dasar dari sektor kelapa sawit di Indonesia bernilai tinggi, persis di atas 40 juta ton setara karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) per tahun,<sup>7</sup> namun Indonesia berkomitmen untuk mengurangi emisi GRK nasional. Indonesia telah menetapkan target pengurangan sebesar 29 persen dibandingkan dengan bisnis normal pada tahun 2030, atau 41 persen dengan dukungan dari mitra internasional sebagai bagian dari *Nationally Determined Contribution* (NDC) berdasarkan Perjanjian Paris. Selain itu, Indonesia telah menetapkan target untuk meningkatkan kapasitas pembangkit energi nasional sebesar 35 GW, dengan 25 persen berasal dari sumber terbarukan.<sup>8</sup>

Sasaran dan persyaratan nasional dan internasional ini, serta produksi minyak sawit global yang terus berkembang, mendorong industri minyak sawit untuk meningkatkan keberlanjutan industri dan menciptakan peluang untuk pengurangan emisi GRK. Hal ini dapat dilakukan tidak hanya dengan memperbaiki proses pengolahan kelapa sawit itu sendiri, tetapi juga melalui pengolahan limbah, khususnya pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit (POME).



POME adalah cairan kental berwarna coklat yang dihasilkan dari pengolahan tandan buah sawit, yang terdiri dari air limbah, sisa minyak, dan kandungan padatan. Volume dan komposisi POME bervariasi tergantung dari kondisi tandan buah segar (TBS), pengaturan dan kondisi pemrosesan, dan efisiensi keseluruhan pabrik.<sup>9</sup> Secara umum diperkirakan tiap satu ton minyak sawit yang diproduksi menghasilkan sekitar 2,5 hingga 3,37 ton POME.<sup>10</sup>

POME umumnya diolah di kolam terbuka dalam kondisi anaerobik, meskipun pengolahan ini sederhana serta membutuhkan investasi dan input energi yang rendah, sistem ini membutuhkan lahan yang luas dan menghasilkan emisi GRK yang diperkirakan antara 2.500 dan 4.000 kg setara CO<sub>2</sub> per hektar per tahun, atau antara 625 dan 1.467 kg setara CO<sub>2</sub> per ton CPO.<sup>12</sup> Emisi dari POME sendiri menyumbang sekitar sepertiga dari total emisi GRK dari industri kelapa sawit Indonesia, yaitu sekitar 12,4 juta ton setara CO<sub>2</sub> per tahun\*.<sup>11</sup>

Emisi GRK dari POME tersebut dihasilkan dari proses anaerobik yang melibatkan beberapa kelompok mikroorganisme yang berbeda. Proses penguraian POME dimulai dari bakteri hidrolisis, yang memecah polimer rantai panjang yang tidak larut berupa lemak, protein, dan karbohidrat menjadi polimer rantai pendek. Selanjutnya, bakteri asidogenik mengubah asam lemak, asam amino, dan gula menjadi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), hidrogen (H<sub>2</sub>), amonia (NH<sub>3</sub>), dan asam organik, yang kemudian diubah menjadi asam asetat, atau yang dikenal sebagai komponen utama cuka. Produk akhir ini kemudian diubah oleh bakteri metanogenik menjadi GRK, sebagian besar berupa metana (CH<sub>4</sub>). Nilai *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dari POME menunjukkan jumlah kandungan bahan organik yang tersedia dan dapat digunakan sebagai indikator untuk memperkirakan kuantitas gas yang dihasilkan.<sup>13</sup> Dalam kondisi suhu dan tekanan normal, setiap kg COD yang terkonversi/terurai setara dengan 0,35 meter kubik normal (Nm<sup>3</sup>) metana.<sup>14</sup>



\* Asumsi sebanyak 900 pabrik kelapa sawit dengan kapasitas produksi rata-rata sebesar 45 ton TBS per jam, jam olah 10 jam per hari, dan minimum 300 hari per tahun.



Secara umum, praktik terbaik untuk mengelola emisi GRK dari POME meliputi penggunaan kolam penutup (*covered lagoon*), teknologi penangkapan metana untuk membangkitkan listrik dari biogas, dan memproduksi pupuk dari limbah yang telah terurai. Sejumlah teknologi baru kini tersedia untuk memfasilitasi alternatif penggunaan biogas pada saat kondisi pasar listrik dari energi terbarukan yang sedang kurang menarik, serta metode alternatif untuk mengolah POME sehingga dapat menghasilkan produk yang memiliki nilai tambah sekaligus mengurangi emisi GRK.

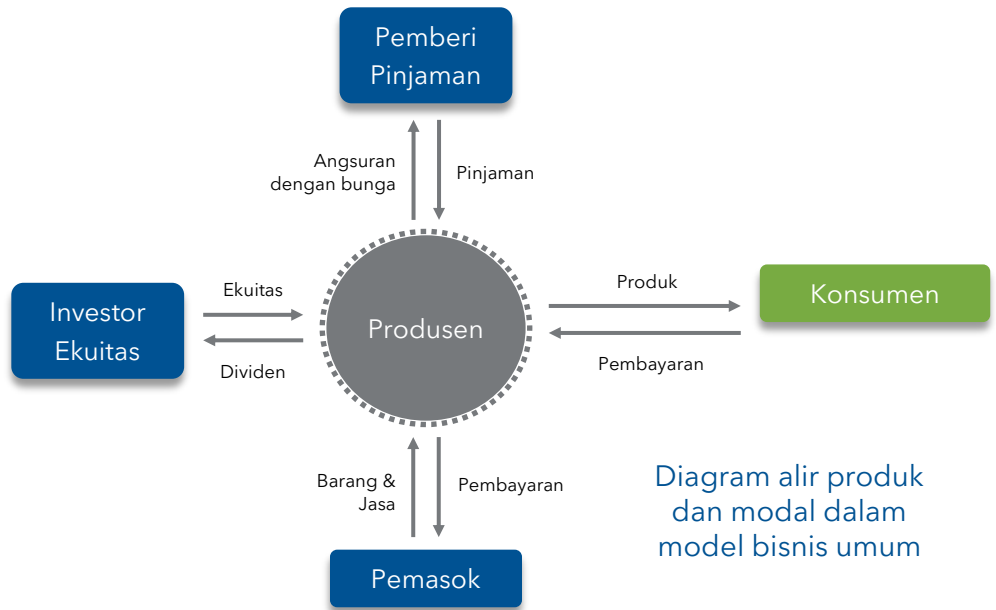
Inisiatif pengolahan POME yang semakin baik didorong oleh sejumlah faktor, seperti minat pabrik untuk mengakses insentif, mematuhi persyaratan pemerintah, memenuhi standar legal atau sukarela, dan/atau untuk memenuhi permintaan konsumen. Terdapat peningkatan jumlah skema sertifikasi keberlanjutan, seperti ISPO dan RSPO yang telah menetapkan kriteria terkait untuk bisnis minyak sawit berkelanjutan dan hal ini akan terus menjadi pendorong utama terhadap solusi pengolahan POME di masa mendatang.





# MODEL IMPLEMENTASI PROYEK

Model bisnis dapat mempengaruhi skema pembiayaan proyek dan berdampak pada profitabilitas bagi berbagai pihak yang terlibat. Dalam model bisnis umum, produsen dapat memberikan produk ke konsumen dengan dukungan sejumlah interaksi antara produsen dan berbagai pemasok, investor ekuitas, dan pemberi pinjaman.

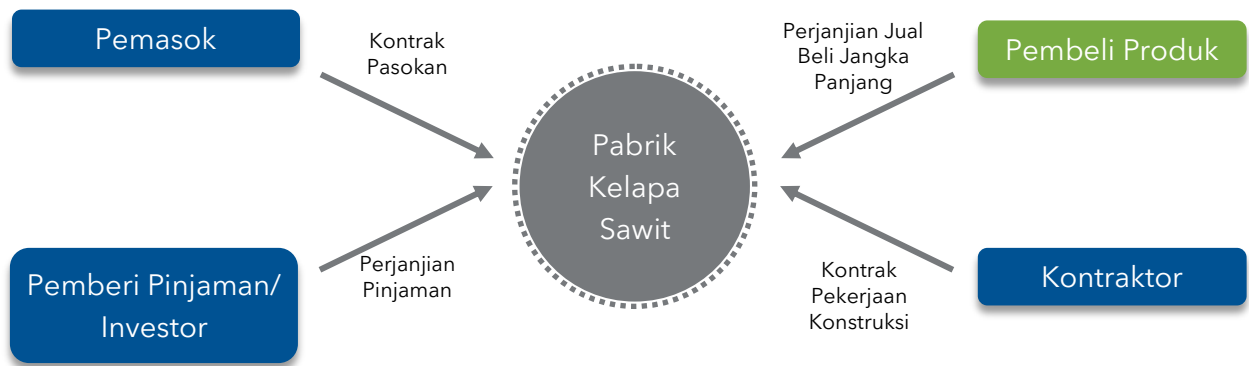


Proyek pengolahan POME dapat diimplementasikan dengan berbagai model bisnis, yang paling umum diterapkan di Indonesia adalah *build, own, and operate* (BOO) dan *build, own, operate, and transfer* (BOOT). Model Kerjasama Pemerintah dan Badan Usaha (KPBU) merupakan model prospektif untuk proyek-proyek masa mendatang yang melibatkan pemerintah.

## MODEL BUILD, OWN, and OPERATE (BOO)

Di dalam model BOO, pemilik pabrik kelapa sawit membangun fasilitas dan mengoperasikannya sebagai bagian dari operasi rutin pabrik. Model ini dapat melibatkan pihak eksternal seperti investor, kontraktor *engineering, procurement, and construction* (EPC), ataupun operator proyek; namun keseluruhan kepemilikan dan tanggung jawab berada di tangan pabrik. Dalam model ini, pemilik memegang penuh kendali atas proyek.

Dalam salah satu variasi model BOO, pabrik menjalin kerja sama bisnis dengan pengembang pihak ketiga dan membentuk *Special Purpose Vehicle* (SPV) untuk menjalankan proyek. Dalam skema ini, pabrik bertindak sebagai pemegang saham minoritas, sedangkan pihak ketiga bertindak sebagai pemegang saham utama dan mengelola keseluruhan proyek. Berikut ini adalah diagram yang diadaptasi dari model bisnis BOO.<sup>15</sup>



Model bisnis BOO yang diadaptasi untuk pabrik kelapa sawit di Indonesia<sup>15</sup>

### MODEL BUILD, OWN, OPERATE, and TRANSFER (BOOT)

Dalam model BOOT, pengembang proyek, pihak swasta, atau konsorsium menerima mandat dari pabrik kelapa sawit untuk membiayai, merancang, membangun, memiliki, dan mengoperasikan fasilitas tertentu, biasanya untuk periode jangka panjang, umumnya 15 hingga 20 tahun.<sup>16</sup> Selama periode tersebut, pengembang proyek memiliki dan mengoperasikan fasilitas dengan tujuan untuk mendapatkan kembali biaya investasi, operasi, dan pemeliharaan sambil berupaya mencapai margin proyek yang sesuai. Pada akhir periode perjanjian, kepemilikan atas fasilitas akan dipindahkan kepada pihak pabrik.

Model BOOT menawarkan kemungkinan untuk dapat merealisasikan sebuah proyek berdasarkan efisiensi dan kompetensi pengembang proyek dan kepentingan komersialnya dalam proyek tersebut yang berdampak pada efisiensi biaya bagi pabrik ketika periode perjanjian berakhir. Namun, pemilik proyek harus mempertimbangkan struktur yang rumit, yang memerlukan detail perencanaan, waktu, dan anggaran selama masa konsesi. Di bawah ini ditampilkan diagram yang diadaptasi dari model bisnis BOOT.<sup>15</sup>



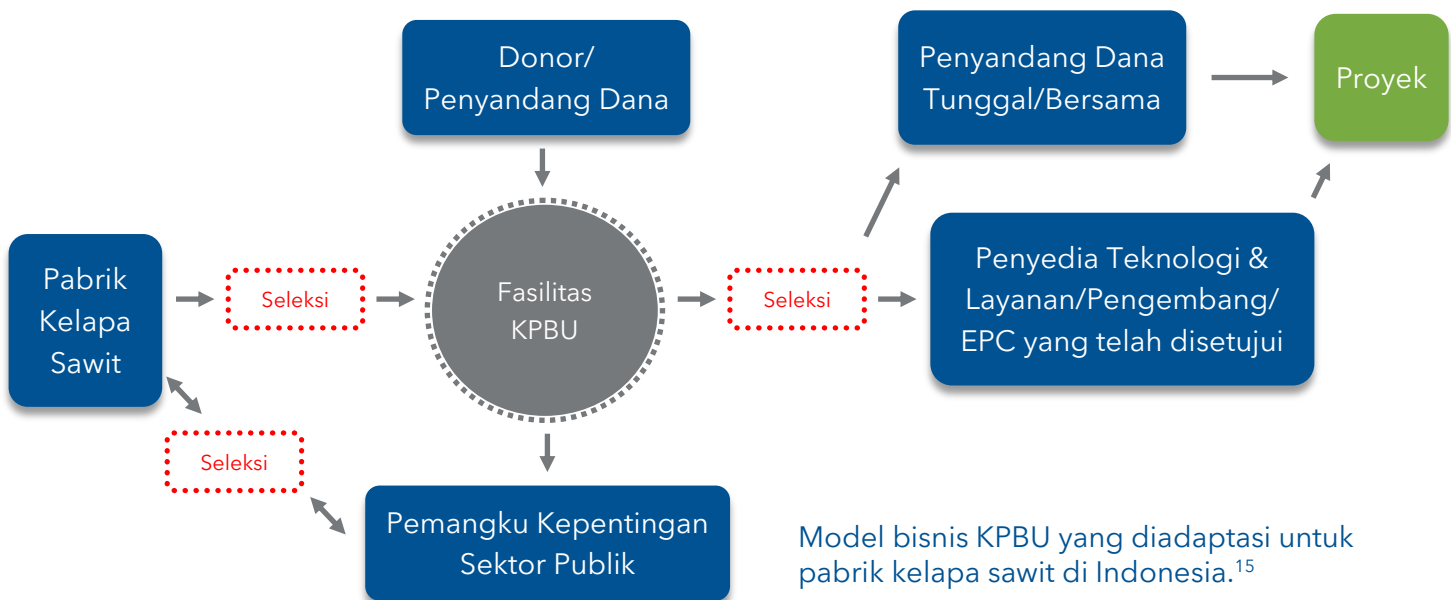
Model bisnis BOOT yang diadaptasi untuk pabrik kelapa sawit di Indonesia<sup>15</sup>



## MODEL KERJASAMA PEMERINTAH DAN BADAN USAHA (KPBU)

KPBU adalah kontrak layanan antara sektor publik dan swasta di mana pemerintah membayar pihak swasta untuk memberikan fasilitas dan layanan terkait selama periode jangka panjang. Pihak swasta yang membangun fasilitas publik bertanggung jawab secara finansial atas kondisi dan kinerjanya selama masa manfaat aset. Struktur KPBU dapat bervariasi dalam hal pengelolaan layanan dan pengendalian aset, yang mana dapat berupa dominan publik atau dominan swasta atau campuran.

Dalam proyek KPBU biasa, pemerintah akan melibatkan satu pihak, biasanya konsorsium bisnis swasta yang bersama-sama membentuk SPV, untuk merancang, membiayai, membangun, memelihara, dan dalam beberapa kasus, juga mengoperasikan fasilitas tersebut. Pemerintah hanya akan melakukan pembayaran setelah fasilitas tersebut mulai beroperasi dan akan memberikan pembayaran selama masa kontrak, berdasarkan layanan yang diberikan terhadap pencapaian indikator kinerja utama (KPI), mengingat pembayaran ini berisiko jika tidak ada kinerja yang dicapai.<sup>17</sup> Berikut ini adalah diagram yang diadaptasi dari model bisnis KPBU.<sup>6</sup>



Secara umum, KPBU dinilai dapat memberikan solusi yang efisien, transparan, meningkatkan kinerja, dan sumber pendanaan baru. Banyak tahapan persiapan dan pendanaan pengembangan yang mungkin diperlukan untuk mengurangi risiko setiap proyek, serta memperluas pemanfaatan POME, melalui akselerasi pendanaan, konstruksi, dan keberhasilan pengoperasian proyek. KPBU biasanya; menyeleksi pabrik, penyedia teknologi dan layanan, dan pengembang; melakukan persiapan proyek tahap awal seperti pra-pembiayaan dan studi kelayakan; berkoordinasi dengan pihak pembeli/konsumen produk untuk mengidentifikasi proyek yang paling layak; dan mengatasi ketidakpastian dalam kesepakatan pembiayaan proyek dengan membangun kepercayaan dan pemahaman antar pihak, serta melakukan kegiatan tahap pertama dan memfasilitasi para pemangku kepentingan proyek untuk membentuk struktur proyek yang paling menjanjikan. Pembentukan fasilitas KPBU akan membutuhkan kemitraan awal dengan pemerintah Indonesia dan para penyandang dana pembangunan yang didorong untuk melaksanakan proyek-proyek yang dapat memenuhi sasaran energi, lingkungan, dan/atau ekonomi Indonesia. Entitas atau badan tersebut akan membantu menggalang dukungan dari pihak pemerintah dan memfasilitasi penyelesaian persyaratan administratif dan legal untuk mendirikan fasilitas tersebut.

# PENYANDANG DANA POTENSIAL DAN PASAR KARBON

## PENYANDANG DANA POTENSIAL

Pihak industri kelapa sawit yang membutuhkan sumber daya tambahan untuk membiayai proyek POME dapat mencari lembaga keuangan atau penyandang dana sebagai penyedia likuiditas, baik sebagai investor ekuitas atau penyedia pinjaman. Berikut ini adalah beberapa penyandang dana prospektif yang mungkin dapat mendukung proyek pengolahan dan pemanfaatan POME di Indonesia, beberapa di antaranya memiliki rekam jejak dalam mendukung bisnis ramah iklim.

PERUSAHAAN/ORGANISASI	SITUS WEB
PT Indonesia Infrastructure Finance (IIF)	<a href="http://iif.co.id">iif.co.id</a>
PT Sarana Multi Infrastruktur (SMI)	<a href="http://ptsmi.co.id">ptsmi.co.id</a>
Bank Mandiri	<a href="http://bankmandiri.co.id">bankmandiri.co.id</a>
Bank BNI	<a href="http://bni.co.id">bni.co.id</a>
Bank BRI	<a href="http://bri.co.id">bri.co.id</a>
Bank BCA	<a href="http://bca.co.id">bca.co.id</a>
Bank Sumsel Babel	<a href="http://banksumselbabel.com">banksumselbabel.com</a>
Tropical Landscapes Finance Facility (TLFF)	<a href="http://tlffindonesia.org">tlffindonesia.org</a>
Indonesia Climate Change Trust Fund (ICCTF)	<a href="http://icctf.or.id">icctf.or.id</a>

## PASAR KARBON SUKARELA

Pengimbangan emisi karbon (*carbon offsetting*) mengacu pada pengurangan atau penyerapan satu metrik ton emisi karbon dioksida, atau ekuivalen, oleh suatu entitas untuk mengimbangi emisi satu metrik ton tersebut di tempat lain. Tuntutan pengimbangan karbon global telah memicu sejumlah perusahaan untuk memperdagangkan kredit karbon, yaitu istilah umum untuk setiap sertifikat atau izin yang dapat diperdagangkan dan menunjukkan hak untuk mengeluarkan satu metrik ton karbon

PERUSAHAAN/ORGANISASI	SITUS WEB
ACT	<a href="http://actsustainability.com">actsustainability.com</a>
ALLCOT	<a href="http://allcot.com">allcot.com</a>
Arbor Day Foundation	<a href="http://arborday.org">arborday.org</a>
bp Target Neutral	<a href="http://bp.com/en_gb/target-neutral/home">bp.com/en_gb/target-neutral/home</a>
Carbonsink	<a href="http://carbonsink.it">carbonsink.it</a>
Climate Neutral Group	<a href="http://climateneutralgroup.com">climateneutralgroup.com</a>
ClimateCare	<a href="http://climatecare.org">climatecare.org</a>
CO2balance	<a href="http://co2balance.com">co2balance.com</a>
EcoAct	<a href="http://eco-act.com">eco-act.com</a>
First Climate	<a href="http://firstclimate.com">firstclimate.com</a>
Mirova Natural Capital	<a href="http://mirova.com">mirova.com</a>
Natural Capital Partners	<a href="http://naturalcapitalpartners.com">naturalcapitalpartners.com</a>
South Pole	<a href="http://southpole.com">southpole.com</a>
Toitū Envirocare	<a href="http://toitu.co.nz">toitu.co.nz</a>
Vertis	<a href="http://vertis.com">vertis.com</a>
VNV Advisory	<a href="http://vnvadvisory.com">vnvadvisory.com</a>
3Degrees	<a href="http://3degreesinc.com">3degreesinc.com</a>

dioksida atau ekuivalen. Hal ini mendorong lebih banyak bisnis untuk berinvestasi dalam upaya sukarela pengimbangan emisi karbon. Proyek pengolahan dan pemanfaatan POME berkontribusi pada pengurangan emisi GRK. Pengurangan emisi yang terakreditasi berdasarkan standar internasional dapat menghasilkan pendapatan dari pasar kredit karbon sukarela. Daftar berikut ini menampilkan beberapa penyedia layanan global di pasar karbon sukarela.



# KATALOG TEKNOLOGI

Pilihan Teknologi untuk Pengolahan dan Pemanfaatan  
Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit di Indonesia

2021



**WIPO | GREEN**

The Marketplace  
for Sustainable Technology



**WINROCK**  
INTERNATIONAL



### **SANGKALAN**

Publikasi Winrock International dan WIPO GREEN ini sama sekali tidak berafiliasi dengan perusahaan yang ditampilkan dalam katalog ini, dan publikasi ini juga menyiratkan bahwa masih ada perusahaan maupun solusi teknologi lain selain yang dimuat di dalam katalog ini. Semua konten dalam publikasi ini disampaikan dengan itikad baik dan didasarkan pada informasi yang diberikan langsung dari penyedia konten, termasuk namun tidak terbatas pada nilai biaya operasional dan biaya investasi. Oleh karena itu, baik Winrock International maupun WIPO GREEN menyangkal jaminan apapun, tersurat maupun tersirat, mengenai keakuratan, kecukupan, validitas, keandalan, ketersediaan, atau kelengkapan atas informasi apa pun yang ditampilkan. Winrock International dan WIPO GREEN tidak bertanggung jawab atas hasil negatif apapun sebagai akibat dari tindakan yang diambil berdasarkan informasi dalam publikasi ini .

### **TAUTAN URL**

Publikasi ini berisi tautan ke situs web eksternal yang tidak disajikan ataupun dikelola oleh Winrock International atau WIPO GREEN. Tanggung jawab atas konten situs eksternal yang terdaftar ada pada penerbitnya masing-masing. Tautan yang dimuat di dalam katalog ini hanya untuk tujuan kontak dan informasi saja; Winrock dan WIPO GREEN tidak mensponsori atau mendukung konten apa pun di dalamnya. Upaya untuk memastikan legitimasi setiap situs yang ditautkan telah dilakukan, Winrock dan WIPO GREEN tidak memberikan jaminan apa pun, tersurat maupun tersirat, mengenai keakuratan informasi dalam konten yang ditautkan, dan juga tidak bertanggung jawab apa pun atas potensi pelanggaran data akibat mengakses tautan tersebut.



# PENYEDIA DAN TEKNOLOGI YANG DITAMPILKAN

## 15 Pemanfaatan Biogas

### 17 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Biogas

BPO

PT Organics Bali

PT Elmoz Geo Solusi

PT Karya Mas Energi

PT Ecody Agro Energi

PT GREE Services Indonesia

### 21 Biogas Scrubbers

*Scrubber* Biologis oleh BPO

*Scrubber* Biologis oleh PT Elmoz Geo Solusi

*Scrubber* Biologis oleh Biogasclean A/S

*Scrubber* Biologis oleh PT Organics Bali

### 25 Sistem *Upgrading* Biogas

Sistem *Upgrading* Biogas dengan *Pressure Swing Adsorption* oleh Carbotech Gas Systems GmbH  
SEPURAN® *Green* oleh Evonik (SEA) Pte. Ltd.

Sistem *Upgrading* & Distribusi Biogas oleh Safe S.p.A.

### 29 Biogas untuk Transportasi

Proyek Bio-CNG dengan Grup Raja Rafa Samudra (RRS)

Konversi Bahan Bakar Kendaraan Berbahan Bakar Bio-CNG oleh Grup Raja Rafa Samudra (RRS)

### 31 Pengolahan Limbah *Scum* dan Lumpur

Microbe-Lift oleh PT Planetbiru Indonesia

Teknologi *Dewatering* Geotube® oleh TenCate Geosynthetics Asia Sdn. Bhd.

Sistem Penanganan Lumpur dengan C-tube oleh PT Elmoz Geo Solusi

*Green Mark Dewatering Press System* oleh Green Mark Projects Sdn. Bhd.

### 35 Produksi Kompos dan Pupuk

Sistem Dekomposisi Aerobik TKKS oleh PT Indmira

Solusi Pengomposan dan Perkebunan Bio-organik oleh Vata VM Synergy (M) Sdn. Bhd.

### 37 Produksi *Biochar*

Pengomposan dan *Biochar* sebagai Solusi Perkebunan Bio-organik oleh Vata VM Synergy (M) Sdn. Bhd.

Produksi *Biochar* oleh Balai Penelitian Lingkungan Pertanian (Balingtan)

### 39 Suplemen Pakan Ternak

Produksi Protein Sel Tunggal (SCP) oleh iCell Sustainable Nutrition Co., Ltd.

### 41 Proyek Hidrogen Ramah Lingkungan

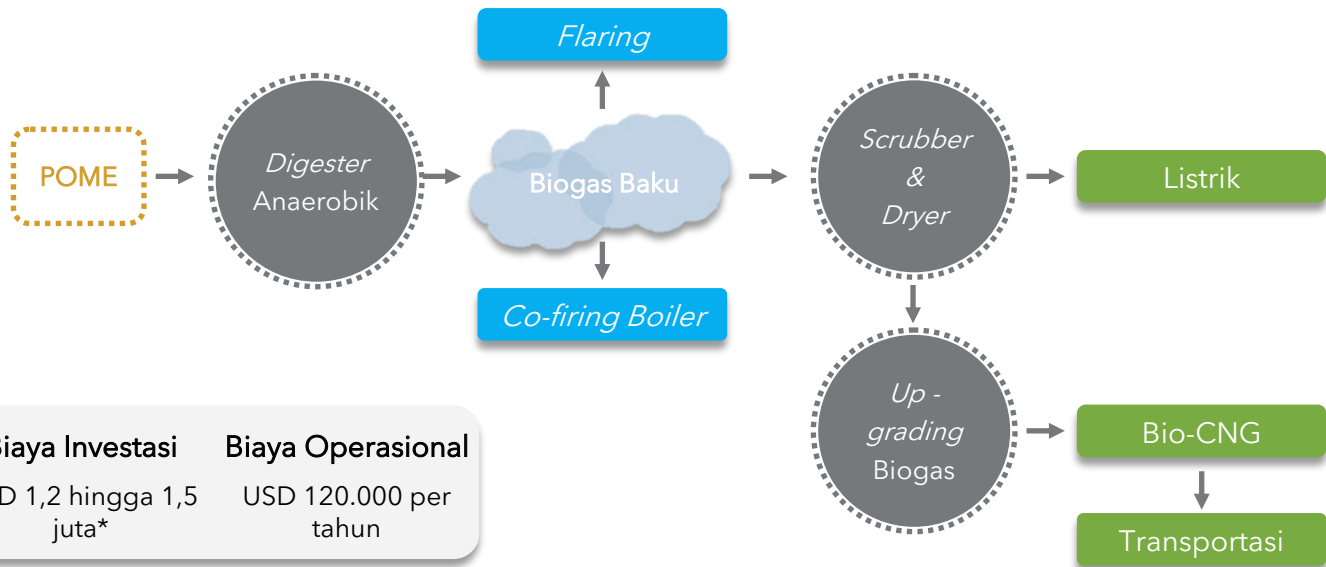
Pembangkit Listrik Tenaga Hidrogen oleh HDF Energy

Berikut ini adalah prasyarat dan potensi hasil dari penerapan opsi teknologi yang dapat ditampilkan. Informasi ini dapat digunakan untuk memperkirakan kelayakan dan daya tarik proyek.

	PRASYARAT	POTENSI
<b>Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Biogas</b>	Kapasitas pembangkit minimal 1 Megawatt listrik (MWe) jika proyek dikembangkan oleh pabrik, 2 MWe jika dikembangkan oleh pengembang	Pabrik berkapasitas 60 ton tandan buah segar (TBS) per jam dapat menghasilkan 900-1.200 normal meter kubik per jam (Nm <sup>3</sup> /jam) biogas dan menghasilkan listrik hingga 2-3 MWe
<b>Biogas untuk Transportasi (Bio-CNG)</b>	Kapasitas pabrik minimum 45 ton TBS per jam jika proyek dikembangkan oleh pabrik, 60 ton TBS per jam jika proyek dikembangkan oleh pengembang	Pabrik berkapasitas 60 ton TBS per jam dapat menghasilkan biogas 900-1.200 Nm <sup>3</sup> /jam dan menghasilkan sekitar 500-700 liter solar ekuivalen per jam Bio-CNG ( <i>biogas-based compressed natural gas</i> )
<b>Pengolahan Limbah Scum &amp; Lumpur</b>	Tidak ada batasan minimum kapasitas pabrik	7.000-9.000 ton padatan kering per tahun diharapkan dapat diproduksi dari pabrik berkapasitas 60 ton TBS per jam
<b>Produksi Kompos</b>	Tidak ada batasan minimum kapasitas pabrik	34.500 ton kompos per tahun diharapkan dapat diproduksi dari pabrik berkapasitas 60 ton TBS per jam. Diperkirakan untuk cakupan lahan seluas 1.700 ha
<b>Produksi Pupuk</b>	Kapasitas pabrik minimal 45 ton TBS per jam	37.800 ton pupuk organik per tahun diharapkan dapat diproduksi dari pabrik berkapasitas 60 ton TBS per jam
<b>Produksi Biochar Skala kecil</b>	Tungku tersedia untuk kapasitas 50 kg tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan 500 kg TKKS	12,5 kg <i>biochar</i> dapat diproduksi dari 50 kg TKKS. 125 kg <i>biochar</i> dapat diproduksi dari 500 kg TKKS
<b>Produksi Biochar Skala industri</b>	Belum tersedia	14.400 ton <i>biochar</i> per tahun diharapkan dapat diproduksi dari pabrik berkapasitas 60 ton TBS per jam
<b>Suplemen Pakan Ternak iCell</b>	Kapasitas pabrik minimal 45 ton TBS per jam untuk menghasilkan 1.000 ton protein sel tunggal (SCP) per tahun	1.000 ton SCP per tahun diestimasikan dapat diproduksi dari pabrik berkapasitas 45 ton TBS per jam
<b>Green Hydrogen Projects HDF</b>	Tergantung pada konteks dan kapasitas pembangkit	



# PEMANFAATAN BIOGAS



Biogas adalah campuran terutama dari metana, karbon dioksida, sedikit hidrogen sulfida dan gas lainnya. Biogas umumnya dihasilkan dari proses anaerobik melalui penguraian bahan organik tanpa oksigen. Biogas umumnya dapat dihasilkan dari bahan baku seperti limbah pertanian, kotoran ternak, sampah kota, bahan tanaman, limbah cair, limbah hijau, dan sisa makanan, serta dari POME.

*Digester* biogas menangkap metana, yang merupakan GRK kuat jika dilepaskan ke atmosfer dari kolam terbuka POME, namun biasanya disimpan dengan menggunakan berbagai teknologi yang bervariasi tingkat biaya dan kompleksitasnya. Metana yang ditangkap, dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan untuk menggantikan bahan bakar fosil, untuk pembangkit listrik, dan digunakan sebagai bahan bakar *boiler*. Setiap meter kubik POME\*\* melepaskan 25,6 Nm<sup>3</sup> biogas, dengan setiap normal meter kubik biogas berpotensi membangkitkan listrik sekitar 2,1 kWh.<sup>15</sup>

\* Biogas untuk *co-firing boiler*, 500 hingga 750 Nm<sup>3</sup>/jam

\*\* Dengan COD masuk sebesar ~55,000 mg/l, COD yang dihilangkan 80 persen, dan kandungan metana 55 persen.

## 510 kg setara CO<sub>2</sub>

per ton CPO

Perkiraan potensi pengurangan GRK dengan pemanfaatan biogas<sup>18</sup>

## PELUANG

- Mengurangi emisi GRK
- Membangkitkan sumber energi terbarukan lokal dan andal
- Mengubah sampah organik menjadi produk bernilai tinggi
- Meningkatkan akses lokal terhadap energi dengan listrik yang andal
- Mengurangi polusi tanah dan air

## MANFAAT LAINNYA

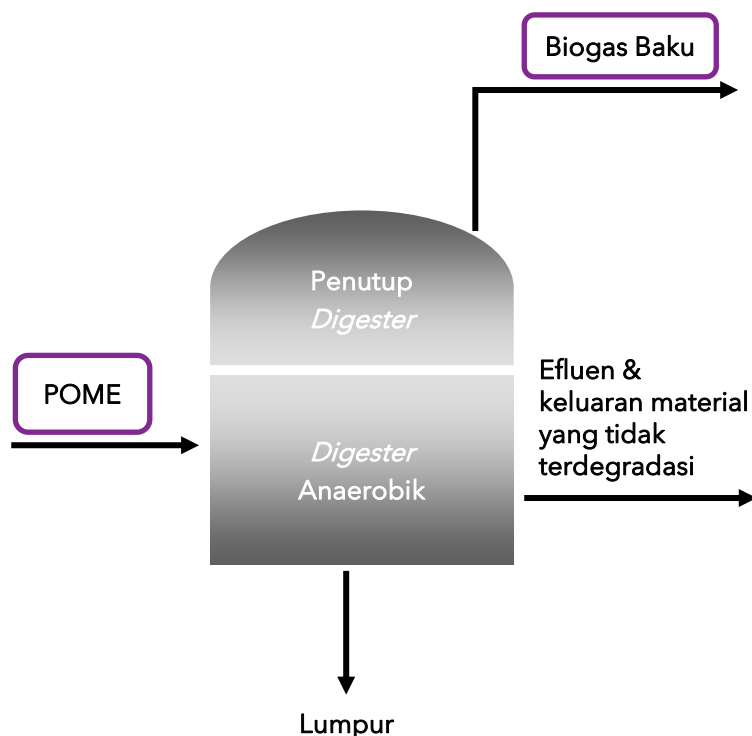
- Produk sampingan dapat digunakan sebagai pupuk
- Meminimalkan bau dan jumlah lumpur POME
- Mengurangi jumlah dan volume kolam untuk pengolahan lanjutan
- Mempercepat penurunan COD

## TANTANGAN

- Energi yang dihasilkan dipengaruhi secara langsung oleh kandungan COD dan laju alir POME, yang kemungkinan tidak konsisten
- Kontrol lingkungan yang kurang memadai dan laju beban substrat organik yang fluktuatif
- Bakteri penghasil metana (metanogen) memiliki parameter tertentu (seperti suhu dan pH)

**32.000 ton setara CO<sub>2</sub>**  
*per tahun*

Potensi pengurangan emisi GRK dari penangkapan metana dari pabrik berkapasitas 60 ton TBS/jam<sup>19</sup>



## MEMPRODUKSI BIOGAS DARI POME

Penguraian anaerobik adalah metode utama untuk memproduksi biogas dari POME, dimana desain *digester* modern mampu memberikan hasil biogas yang tinggi dan mempertahankan keluaran yang stabil. Biogas yang diproduksi dari *digester* biogas dapat dimanfaatkan untuk beberapa aplikasi, seperti untuk pembangkit listrik dengan menggunakan mesin biogas, *co-firing boiler*, dan *flaring*. Teknologi ini berpotensi mengurangi emisi GRK dalam jumlah yang signifikan, dibandingkan dengan sistem kolam terbuka yang umum digunakan. Dalam sistem anaerobik, sebagian besar kandungan bahan organik yang dapat didegradasi diubah menjadi biogas, yang disalurkan keluar dari reaktor. Hanya sebagian kecil, sekitar 5 sampai 15 persen, dari bahan organik yang diubah menjadi biomassa dari mikroba, yang kemudian membentuk lumpur yang berlebih dari suatu sistem. Tergantung pada karakteristik air limbah, bahan yang tidak diubah menjadi biogas atau biomassa dari mikroba, sekitar 10 sampai 30 persen, meninggalkan reaktor sebagai material yang tidak terdegradasi dengan kandungan nitrogen yang tinggi dan dapat digunakan sebagai pupuk dan kompos untuk tanaman dan tanah.<sup>19</sup>



Gambar: *Digester* anaerobik (Sumber—The Irish Times).



# SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BIOGAS

## Biaya Investasi

USD 2 hingga 2,5 juta per MWe

## Biaya Operasional

5 hingga 9 persen dari biaya EPC

## PELUANG

- Mengganti bahan bakar fosil
- Mengurangi biaya energi (termal atau listrik)
- Mengurangi emisi GRK
- Memproduksi bahan bakar terbarukan untuk *boiler*
- Mempercepat dekomposisi POME

## TANTANGAN

- Pembangkitan energi dipengaruhi secara langsung oleh kandungan COD dan laju alir POME, yang kemungkinan tidak konsisten
- Biaya investasi awal yang tinggi
- Kelayakan finansial tergantung pada daya tarik harga jual listrik yang dihasilkan dan kesiapan pasar untuk membeli biogas
- Membutuhkan regulasi yang stabil dengan *feed-in-tariff* yang menarik dan jadwal pengurusan izin yang pasti
- Pabrik dan titik interkoneksi listrik harus berdekatan

Pembangkit listrik tenaga biogas memproduksi biogas dari POME dan mengubahnya menjadi bahan bakar dan listrik, menawarkan alternatif terhadap konsumsi bahan bakar fosil dan pengurangan emisi GRK dari pengolahan POME. Kombinasi panas dan listrik yang dihasilkan dapat digunakan untuk konsumsi pabrik sendiri, sehingga dapat mengurangi biaya, serta menghasilkan pendapatan tambahan melalui penjualan listrik ke jaringan listrik nasional. Selain itu, biogas yang dihasilkan dari sistem pembangkit listrik ini juga dapat dibakar (*flaring*) di lokasi guna mengurangi emisi GRK lebih lanjut. Biogas yang digunakan untuk *co-firing boiler* dapat memberikan tambahan pendapatan bagi pabrik, dan cangkang yang dihemat dapat langsung dijual.



Gambar: (Atas) Pabrik biogas untuk *co-firing boiler* (Sumber—PT Ecodey Agro Energi). (Bawah) Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Semilar (Sumber—PT Karya Mas Energi).

26 juta ton setara  
CO<sub>2</sub>  
per tahun

Pengurangan emisi GRK jika 100 pabrik memanfaatkan biogas dari POME<sup>19</sup>



BPO mendesain *digester* POME biogas dengan reputasi operasional jangka panjang yang andal. Reaktor pembangkit CH<sub>4</sub> BPO merupakan sistem anaerobik di dalam tanah yang stabil dan efisien yang ideal untuk memproduksi biogas. Pengelolaan lumpur dan jaringan distribusi umpan mencegah akumulasi lumpur sekaligus memastikan penguraian substrat yang optimal.

**JENIS KOLABORASI** Untuk Dijual

**DIKEMBANGKAN DI** Selandia Baru

**WILAYAH PILIHAN** Indonesia, Asia Tenggara

**TINGKAT KESIAPAN (TRL)** *Scaling Up* (TRL 9)

### KEUNGGULAN

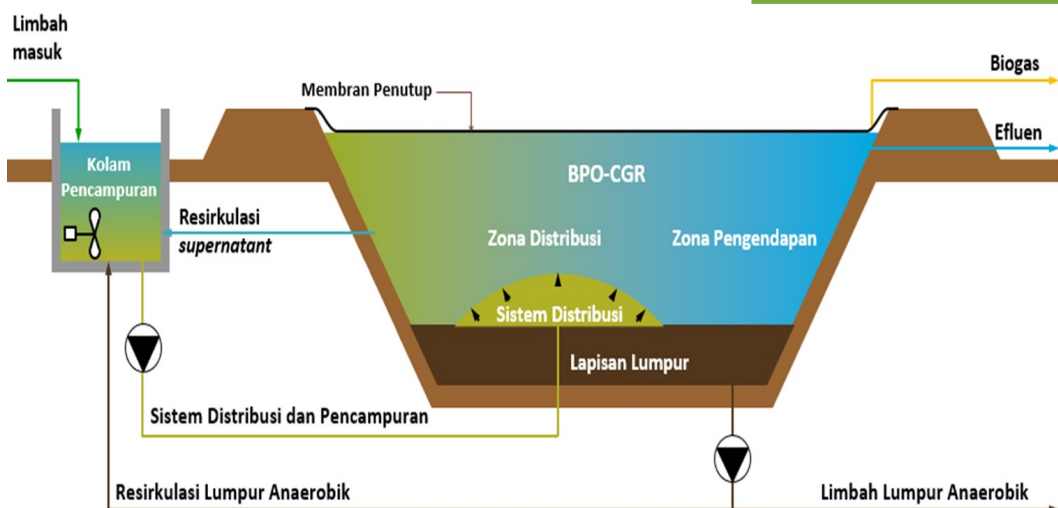
- Didesain khusus untuk tiap proyek
- Menghilangkan > 90 persen COD dan BOD
- Secara bawaan, efluen keluaran *digester* siap dialirkan ke sistem aerobik

### LAYANAN YANG DITAWARKAN

oleh BPO

- Merancang/ membangun solusi
- Desain proses dan rekayasa detail (*detailed engineering*)
- Pengujian air limbah
- Studi percontohan
- *Commissioning* sistem
- Pelatihan operator

### Skematik Proses Reaktor Pembangkit CH<sub>4</sub> BPO



## PT Organics Bali

Organics Bali merancang dan membangun sistem penguraian anaerobik yang mampu menghasilkan biogas dari berbagai jenis limbah. Sistem pembangkit listrik yang dirancang bertujuan untuk mendukung produksi biogas dari POME dengan kandungan COD tinggi serta memastikan kontribusi perubahan iklim dari metana yang dihasilkan dapat berkurang.

**JENIS KOLABORASI** Untuk Dijual

**DIKEMBANGKAN DI** Inggris

**WILAYAH PILIHAN** Asia Tenggara

**TINGKAT KESIAPAN (TRL)** *Scaling Up* (TRL 9)



Gambar: Pabrik biogas di Sinarmas, Kalimantan Tengah (Sumber–Organics Bali).

### LAYANAN YANG DITAWARKAN

oleh PT Organics Bali

- Desain
- Instalasi
- *Commissioning*

### KEUNGGULAN

- Tahan korosi
- Desain penutup yang memperhatikan aspek keselamatan
- Desain stasiun pompa influen yang ringkas dan terintegrasi
- Waktu retensi hidraulik dan padatan yang lama
- Stabilitas proses yang tinggi setelah beban limbah meningkat tiba-tiba (*shock loading*)
- Menggunakan bahan yang tahan lama dan stabil terhadap UV



## PT Elmoz Geo Solusi



Elmoz adalah perusahaan Indonesia yang memiliki pengalaman dalam proyek pembangkit listrik tenaga biogas, proyek yang berkaitan dengan *high-density polyethylene* (HDPE), perbaikan tanah, serta pekerjaan kelistrikan dan instrumentasi. Elmoz menyediakan layanan pembangkit listrik tenaga biogas untuk pabrik kelapa sawit, tapioka, dan pupuk kandang. Elmoz juga dapat menyediakan opsi pengolahan air limbah untuk berbagai pemanfaatan dengan menyesuaikan anggaran klien.

**JENIS KOLABORASI** Untuk Dijual, Usaha Patungan  
(*Joint Venture*)

**DIKEMBANGKAN DI** Indonesia

**TINGKAT KESIAPAN (TRL)** *Scaling Up* (TRL 9)



Gambar: Pembangkit Listrik Tenaga Biogas PT Swadaya Multi Prakarsa (Sumber-PT Elmoz Geo Solusi).

### KEUNGGULAN

- Dapat langsung digunakan sebagai bahan bakar pengganti untuk *burner* atau untuk pembangkit listrik
- Limbah *bio-digester* yang sudah diolah dapat digunakan sebagai pupuk
- Mengurangi pembuangan polutan limbah ke lingkungan khususnya ke saluran air
- Dapat memberikan keuntungan investasi jangka panjang

### LAYANAN YANG DITAWARKAN

oleh PT Elmoz Geo Solusi

- Fabrikasi dan pemasangan geosintetik, perpipaan, dan pemasangan HDPE
- Uji tanah
- Pekerjaan tanah
- Konstruksi sipil
- Pemeliharaan mekanik dan elektrik
- Instalasi listrik dan instrumen
- EPCC
- Jaminan proses



## PT Karya Mas Energi

Karya Mas Energi mengembangkan proyek dengan tujuan mengubah limbah kelapa sawit di pabrik menjadi sumber energi dan hingga kini telah mengembangkan delapan proyek penangkapan metana untuk pembangkit listrik dan *co-firing boiler*. Listrik yang dihasilkan didistribusikan ke pabrik pengolahan kernel sawit atau untuk dijual ke jaringan listrik nasional dengan perjanjian jual beli listrik (PPA). Panas untuk *boiler* mengurangi sejumlah besar cangkang sawit yang sebelumnya digunakan sebagai bahan bakar.

Salah satu proyek Karya Mas Energi, pembangkit listrik tenaga biogas Tandun, telah terdaftar sebagai proyek yang memenuhi syarat untuk mendapatkan sertifikasi pengurangan emisi di bawah mekanisme pembangunan bersih Protokol Kyoto. Proyek lainnya, pembangkit listrik tenaga biogas Semilar dan Perdana, telah menerima *International Sustainability and Carbon Certification*.

**JENIS KOLABORASI** Untuk Dijual, Usaha Patungan  
(*Joint Venture*)

**DIKEMBANGKAN DI** Indonesia

**WILAYAH PILIHAN** Indonesia

**TINGKAT KESIAPAN (TRL)** *Scaling Up* (TRL 9)

### KEUNGGULAN

- Berpengalaman dalam proyek dengan skema PPA dan dikombinasikan dengan *co-firing boiler*

### LAYANAN YANG DITAWARKAN

oleh PT Karya Mas Energi

- Desain, konstruksi, operasi, dan servis
- Audit limbah
- Audit energi
- Studi kelayakan
- EPCC untuk skema PPA
- Pengembangan proyek

## PT Ecody Agro Energi

Teknologi biogas Ecody digunakan untuk mengubah limbah organik menjadi biogas. Secara umum sistemnya terdiri dari tiga bagian:

1. *Sistem Pra-pengolahan*: limbah cair dari pabrik diolah untuk memenuhi parameter yang diperlukan sebelum diumpankan ke reaktor anaerobik atau *digester*.
2. *Sistem Digester*: dapat berupa kolam tertutup atau tangki. Biogas yang dihasilkan dikumpulkan di bawah membran penutup dan limbah yang telah diolah dialirkan ke kolam pengendapan untuk pemisahan lebih lanjut antara padatan dan cairan.
3. *Pengelolaan dan Pemanfaatan Biogas*: biasanya terdiri dari *scrubber H<sub>2</sub>S* dan *dehumidifier*. Sistem upgrading dapat ditambahkan untuk memurnikan biogas menjadi biometana atau Bio-CNG.

Untuk Dijual, Kontrak

**JENIS KOLABORASI** Litbang atau Kerja Sama Penelitian

**DIKEMBANGKAN DI** Indonesia

**TINGKAT KESIAPAN (TRL)** *Scaling Up* (TRL 9)

### KEUNGGULAN

- Mampu mengembangkan proyek dengan skema PPA
- Meningkatkan kualitas air limbah akhir
- Limbah dapat diaplikasikan untuk lahan

### LAYANAN YANG DITAWARKAN

oleh PT Ecody Agro Energi

- Studi kelayakan dan interkoneksi jaringan
- Desain, EPCC
- Kontrak operasi dan pemeliharaan (O&M)
- Bantuan teknis atau layanan konsultasi purna jual



Gambar: Biogas untuk *co-firing boiler* PTPN V pada masa konstruksi (Sumber-PT Ecody Agro Energi).



## PT GREE Services Indonesia

GREE merancang dan menyediakan solusi biogas menjadi energi yang tidak hanya mengolah air limbah industri dan mengurangi emisi GRK, tetapi juga mengubah polutan lingkungan ini menjadi energi bersih, pupuk organik, dan komoditas lain untuk masyarakat pedesaan. Keahlian utama GREE adalah mengembangkan kolam *digester* anaerobik di dalam tanah dengan teknologi yang matang dan terbukti di negara-negara tropis seperti kawasan Asia Tenggara.

Untuk Dijual, Untuk Servis, Usaha Patungan (*Joint Venture*), Pengembangan Bersama

**JENIS KOLABORASI**

**DIKEMBANGKAN DI** Indonesia

**WILAYAH PILIHAN** Indonesia

**TINGKAT KESIAPAN (TRL)** *Scaling Up* (TRL 9)



Sumber: Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Hambaran (Sumber-PT GREE Services Indonesia).

### KEUNGGULAN

- Teknologi GREE menurunkan lebih dari 90 persen beban polutan dalam air limbah industri

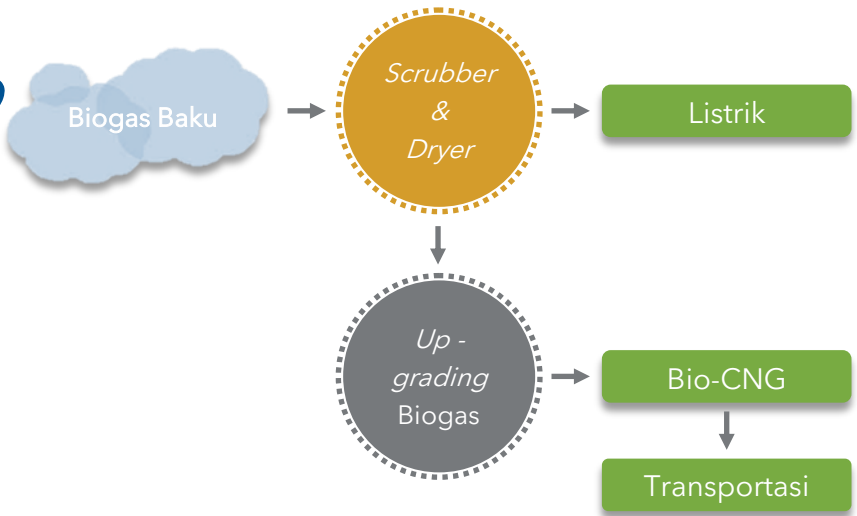
### LAYANAN YANG DITAWARKAN

oleh PT GREE Services

- Pengembangan proyek
- EPC dan pemeliharaan
- Manajemen karbon
- O&M
- Jasa konsultasi



# SCRUBBER BIOGAS



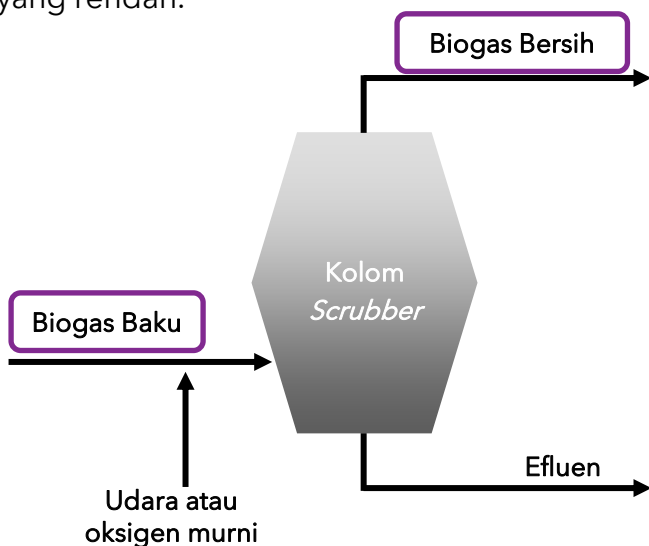
Biaya Investasi	Biaya Operasional
USD 200 hingga 400 per Nm <sup>3</sup> biogas/jam	USD 2.500 hingga 5.000 per tahun

*Scrubber* biogas diperlukan sebagai bagian dari sistem pembangkit listrik biogas ketika biogas akan diubah menjadi listrik melalui penggunaan mesin biogas. *Scrubber* biogas mengurangi kandungan hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S) untuk mencegah korosi di mesin dan untuk mengurangi polusi udara yang disebabkan oleh kandungan sulfur oksida dalam gas buang.<sup>20</sup> *Scrubber* biogas harus menurunkan konsentrasi H<sub>2</sub>S ke tingkat yang dipersyaratkan, biasanya di bawah 200 *parts per million* (ppm). Hal ini dapat mengoptimalkan operasi dan memperpanjang masa pakai mesin biogas.

Ada tiga jenis *scrubber* biogas: biologis, kimia, dan air. *Scrubber* biologis menggunakan bakteri pengoksidasi sulfur khusus untuk mengubah H<sub>2</sub>S menjadi sulfat (SO<sub>4</sub>) dan biasanya digunakan untuk aplikasi POME karena biaya operasinya yang rendah.<sup>15</sup>



Gambar: Kolom *scrubber* biogas (Sumber—biogasclean.com).



## PELUANG

- Memproduksi biogas bersih untuk diumpankan ke mesin gas dan biogas *upgrading*
- Keuntungan dari penjualan listrik yang dihasilkan dan penjualan limbah biomassa
- Memperoleh kredit karbon
- Menghemat biaya bahan bakar solar

## TANTANGAN

- *Scrubber* berkualitas tinggi cenderung memiliki harga yang tinggi

## Scrubber Biologis BPO



BPO memasok berbagai jenis sistem penghilangan H<sub>2</sub>S secara biologis. Pembersih gas, dengan epoksi ganda dan tangki beton bertulang baja berlapis HDPE, sangat cocok untuk kondisi di daerah terpencil. Biogas dengan kandungan hingga 10.000 ppm H<sub>2</sub>S masuk ke *scrubber* dan bakteri pengoksidasi sulfur menyerap H<sub>2</sub>S, menghasilkan unsur sulfur dan asam sulfat. Biogas yang keluar dari *scrubber* memiliki kandungan H<sub>2</sub>S berkisar antara 0 sampai 200 ppm, tergantung konfigurasinya. Setiap *scrubber* biogas H<sub>2</sub>S BPO dirancang untuk menghasilkan aliran biogas dan beban H<sub>2</sub>S tertentu.

**JENIS KOLABORASI** Untuk Dijual

**DIKEMBANGKAN DI** Selandia Baru

**WILAYAH PILIHAN** Indonesia, Asia Tenggara

**TINGKAT KESIAPAN (TRL)** *Scaling Up* (TRL 9)

### KEUNGGULAN

- Mudah dibangun di lokasi menggunakan tenaga kerja lokal
- Hanya membutuhkan air dan sedikit udara untuk beroperasi
- Operasi otomatis sederhana
- Dirancang untuk tahan hingga tekanan -20 milibar dengan standar *interlock* perlindungan tekanan
- Kolonisasi bakteri yang cepat, sehingga mempercepat proses *commissioning* dalam hitungan hari
- Opsional operasional otomatis dan kontrol grafis interaktif
- Analisis kualitas biogas secara kontinu yang tersedia dalam data waktu yang riil



Gambar: *Scrubber* H<sub>2</sub>S BPO di PT Harapan Sawit Lestari (Sumber-BPO).



## Scrubber Biologis PT Elmoz Geo Solusi

Elmoz mendesain *scrubber* biologisnya untuk mengurangi kandungan H<sub>2</sub>S dari 3.000 ppm hingga di bawah 200 ppm dengan aliran biogas maksimum 750 Nm<sup>3</sup> per jam per unit *scrubber*. *Scrubber* Elmoz diproduksi dan dikemas di bengkel perusahaan, menawarkan pemasangan sistem secara cepat di lokasi.

**JENIS KOLABORASI** Untuk Dijual

**DIKEMBANGKAN DI** Indonesia

Demonstrasi Komersial

**TINGKAT KESIAPAN (TRL)** Awal, Adopsi, Diseminasi (TRL 8)



Gambar: *Scrubber* biologis biogas Elmoz terpasang di PT Pasadena Biofuel Mandiri (Sumber-PT Elmoz Geo Solusi).

### KEUNGGULAN

- Efisiensi tinggi
- Pengoperasian dan Pemeliharaan (O&M) yang mudah
- Garansi kinerja

### LAYANAN YANG DITAWARKAN

oleh PT Elmoz Geo Solusi

- Desain dan rekayasa (*engineering*)
- Suplai produk
- Instalasi dan *commissioning*
- Supervisi



## Scrubber Biologis

Biogasclean A/S



Biogasclean, sebuah perusahaan swasta Denmark, memiliki spesialisasi dalam pengembangan, pembuatan, dan penyediaan sistem pembersihan gas yang sepenuhnya otomatis untuk penghilangan H<sub>2</sub>S, dengan sasaran menggabungkan keterjangkauan biaya dan keandalan yang tinggi. Proses penghilangan H<sub>2</sub>S Biogasclean berlangsung 100 persen secara biologis dan tidak perlu sering mengganti media, seperti spons besi, karbon aktif, dll. Residu dari proses tersebut hanya berupa pupuk cair yang berharga. Distributor Biogasclean di Indonesia adalah PT Prima Flo Manunggal.

**JENIS KOLABORASI** Untuk Dijual, Usaha Patungan  
(*Joint Venture*)

**DIKEMBANGKAN DI** Denmark

**WILAYAH PILIHAN** Global

**TINGKAT KESIAPAN (TRL)** *Scaling Up* (TRL 9)

### KEUNGGULAN

- Sistem kontrol injeksi udara otomatis
- Tanpa penggunaan bahan kimia dan konsumsi listriknya rendah
- Garansi kinerja untuk semua proyek



Gambar: Kolom *scrubber* biogas Biogasclean (Sumber–Biogasclean).



## Scrubber Biologis

PT Organics Bali

Organics Bali merancang dan memproduksi *scrubber* biologis vertikal dan horizontal yang dapat mengurangi kandungan hidrogen sulfida dari biogas hingga 100 ppm. Bakteri yang terlibat dalam proses ini mudah didapat dan berfungsi dengan baik dan terkendali di bawah kondisi lingkungan yang tepat. Sistem ini ditujukan untuk proyek penghasil biogas yang mengandalkan proses penguraian anaerobik atau biogas yang dihasilkan di lokasi tempat pembuangan akhir.

**JENIS KOLABORASI** Untuk Dijual

**DIKEMBANGKAN DI** Indonesia

**WILAYAH PILIHAN** Indonesia, Asia Tenggara

**TINGKAT KESIAPAN (TRL)** *Scaling Up* (TRL 9)

### KEUNGGULAN

- Dalam banyak situasi, tidak ada biaya tambahan untuk penambahan bahan kimia
- Cocok untuk lokasi terpencil
- Operasional sederhana
- Tersedia opsi pembersihan secara manual atau otomatis

### LAYANAN YANG DITAWARKAN oleh PT Organics Bali

- Desain
- Instalasi
- *Commissioning*

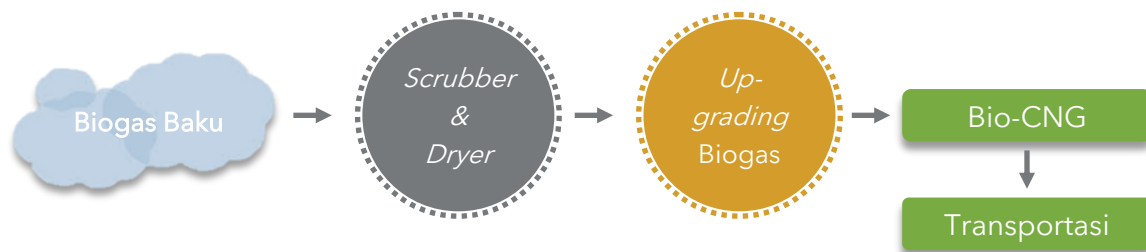


Gambar: Instalasi *bio-scrubber* Organics Bali (Sumber–PT Organics Bali).





# SISTEM UPGRADING BIOGAS



## Biaya Investasi

USD 1 hingga 1,5 juta untuk 500 Nm<sup>3</sup> biogas per jam

## Biaya Operasional

USD 60.000 hingga 70.000 per tahun

Pengolahan biogas menjadi setara kualitas gas alam yang dikenal sebagai biogas *upgrading* merupakan prasyarat penting untuk penyediaan energi yang efisien dari biogas yang dihasilkan dari POME.

Setelah biogas keluaran dari *digester* dibersihkan dari kandungan hidrogen sulfidanya, proses *upgrading* biogas menghasilkan sisa karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan metana (CH<sub>4</sub>) dari campuran gas, yang dapat digunakan untuk menggantikan konsumsi bahan bakar fosil. Pengolahan biogas dengan cara ini memungkinkan untuk aplikasi didinginkan, diangkut, dan diinjeksikan ke jaringan gas alam yang ada. Hal ini membuat biogas sesuai untuk berbagai kegunaan termasuk:

- Unit *combined heat and power* yang sangat efisien dan terdesentralisasi
- Sebagai bahan bakar berupa gas alam terkompresi (CNG) dan gas alam cair (LNG)
- Untuk menghasilkan panas
- Sebagai bahan baku dalam industri kimia

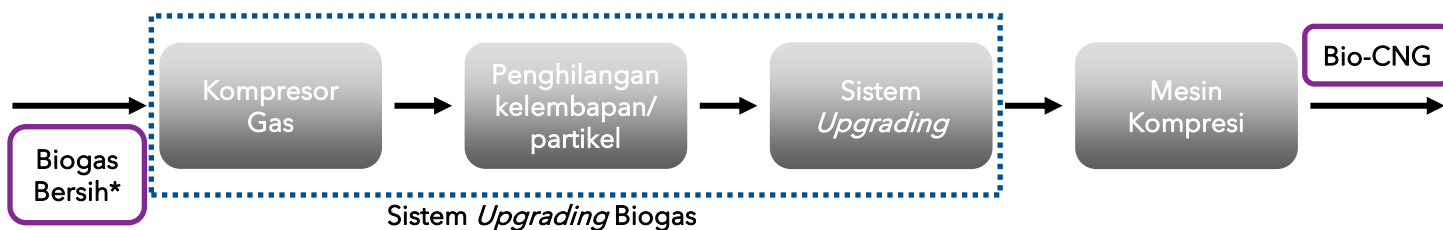
Secara komersial, gas CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> dihilangkan melalui *pressure* dan *vacuum swing adsorption*, *scrubber* air bertekanan, *scrubbing* amina, *scrubbing* dengan pelarut organik, permeasi membran, atau adsorpsi CO<sub>2</sub> fisik dan kimia.<sup>20</sup>

## PELUANG

- Biaya O&M keseluruhan yang rendah
- Meningkatkan kualitas udara dengan mengganti bahan bakar solar
- Menghasilkan bahan bakar alternatif untuk kendaraan di lokasi

## TANTANGAN

- Penyedia teknologi terbatas
- Biaya pemasangan tinggi



\* CH<sub>4</sub> 55 hingga 60 persen, dan H<sub>2</sub>S <15 ppm

## Pressure Swing Adsorption

Carbotech Gas Systems GmbH



## SEPURAN® Green

Evonik (SEA) Pte. Ltd.

Proses *pressure swing adsorption* (PSA) yang dikembangkan dan dipatenkan oleh Carbotech sederhana dan memiliki kebutuhan energi yang rendah. Teknologi PSA telah mengalami pengembangan terus-menerus selama tiga dekade terakhir menghasilkan teknik pemrosesan yang efisien: proses kering yang menggunakan sumber daya operasi minimal, dengan kebutuhan daya listrik yang rendah dan tidak ada kebutuhan daya termal. Selain itu, teknologi ini tidak menghasilkan air limbah, bahan kimia beracun, atau limbah terkontaminasi lainnya.

Proses *upgrading* membran Evonik dengan SEPURAN® Green menghasilkan biometana bermutu tinggi yang konstan. Membran SEPURAN® Green memiliki selektivitas CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub> yang tinggi, sehingga dapat menghasilkan metana dari biogas dengan tingkat kemurnian hingga 99 persen hanya dengan satu kompresor.

Teknologi ini telah memperoleh paten proses pemisahan gas berbasis membran 3-tahap No. EP 2 588 217 B 1, EP 2996794 B1, dan EP 3240620 A 1 yang diberikan di AS dan negara lain.

JENIS KOLABORASI Untuk Dijual

DIKEMBANGKAN DI Jerman

TINGKAT KESIAPAN (TRL) *Scaling Up* (TRL 9)

### KEUNGGULAN

- Kebutuhan input rendah
- Keluaran yang sederhana dan bersih
- Hasil metana yang tinggi
- *Programmable logic control* dan analisis gas *online*

### LAYANAN YANG DITAWARKAN

oleh Carbotech Gas Systems

- Desain dan suplai produk
- Pemasangan/supervisi/pengoperasian
- *Troubleshooting*
- Pemeliharaan dan servis

JENIS KOLABORASI Untuk Dijual

DIKEMBANGKAN DI Jerman

WILAYAH PILIHAN Global

TINGKAT KESIAPAN (TRL) *Scaling Up* (TRL 9)

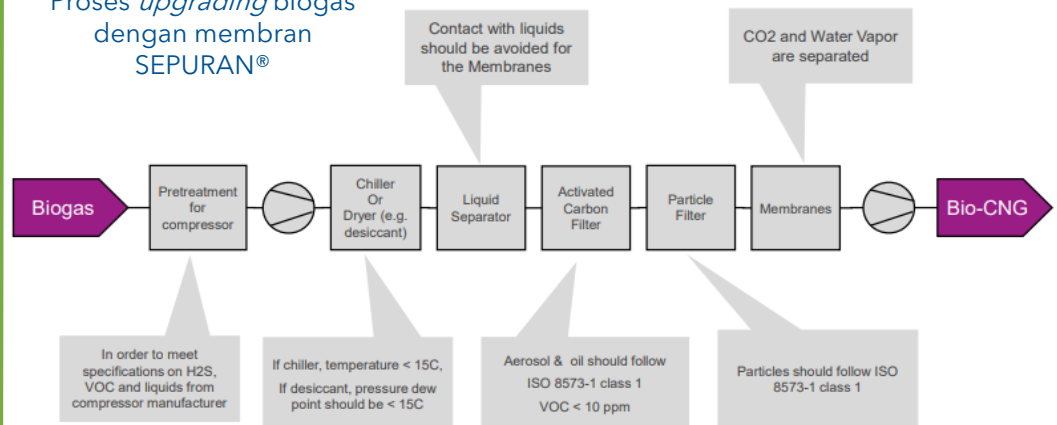
### KEUNGGULAN

- Hampir semua metana yang dimurnikan mempunyai kualitas bio-natural gas
- Pemasangan dan pengoperasian yang relatif sederhana
- Sedikit membutuhkan tempat dan waktu pemasangan singkat



Gambar: Pabrik *upgrading* biogas CarboTech di Sofielund, Swedia (Sumber—Carbotech).

### Proses *upgrading* biogas dengan membran SEPURAN®





# Biogas *Upgrading* & Distribusi

*Safe S.p.A.*



Safe S.p.A. merupakan perusahaan yang berbasis di Italia dengan pengalaman lebih dari 45 tahun dalam kompresor gas alam dan pembuatan peralatan, di mana lebih dari 10 tahun tersebut telah digunakan untuk mengembangkan dan memasok solusi dan peralatan terintegrasi untuk *upgrading* dan distribusi biogas. Safe menyediakan solusi *turnkey* untuk *upgrading* dan distribusi biogas pada tekanan rendah, sedang, dan tinggi baik untuk jaringan pipa, transportasi dalam jumlah besar, atau pengisian kendaraan berbahan bakar gas alam. Teknologi mereka memiliki fitur keselamatan terintegrasi, termasuk perangkat pemantauan listrik, elektromekanik, dan mekanis serta deteksi kebakaran dan gas.

**JENIS KOLABORASI** Untuk Dijual

**DIKEMBANGKAN DI** Italia

**WILAYAH PILIHAN** Indonesia, Asia Tenggara

**TINGKAT KESIAPAN (TRL)** *Scaling Up* (TRL 9)



Gambar: Sistem *upgrading* biogas dan *skid* kompresi (Sumber–Safe S.p.A).

## KEUNGGULAN

- Operasi otomatis dengan fitur kontrol kapasitas
- Kontrol pengawasan dan akuisisi data serta konektivitas jarak jauh
- Desain modular yang dapat disesuaikan
- Memungkinkan suplai peralatan *turnkey*

## LAYANAN YANG DITAWARKAN

oleh Safe S.p.A.

- Desain & rekayasa (*engineering*)
- Suplai produk
- Instalasi





# BIOGAS UNTUK TRANSPORTASI



## PELUANG

- Menggantikan bahan bakar fosil
- Mengurangi biaya bahan bakar
- Mengurangi emisi GRK dan zat partikulat
- Mengurangi jumlah limbah padat di tempat pembuangan akhir

## TANTANGAN

- Pasar global untuk Bio-CNG belum berkembang dengan baik
- Stasiun pengisian bahan bakar lebih rumit daripada stasiun konvensional karena perlu tekanan tinggi
- Transportasi dari pabrik terpicil akan membutuhkan logistik tambahan
- Cakupan wilayah layanan Bio-CNG dibatasi oleh biaya distribusi

Gas alam bertekanan atau *Compressed natural gas* (CNG) merupakan alternatif untuk bahan bakar transportasi konvensional dan diketahui memiliki emisi GRK yang relatif rendah.<sup>21</sup> CNG yang dihasilkan dari biogas, yang disebut Bio-CNG, adalah bahan bakar bersih yang tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak beracun serupa dengan CNG tradisional dalam hal komposisi dan karakteristik, termasuk kandungan energi.<sup>22</sup> Bio-CNG tidak hanya dapat digunakan di lokasi untuk pembangkitan energi dan sebagai bahan bakar kendaraan di pabrik dan di kompleks perkebunan, tetapi juga dapat diangkut ke lokasi pengguna potensial lainnya atau diinjeksikan ke dalam pipa gas untuk proses industri. Oleh karena itu, di antara berbagai manfaat lainnya Bio-CNG memiliki potensi untuk memenuhi sebagian permintaan energi yang terus meningkat dan mengurangi biaya bahan bakar secara keseluruhan.

Untuk menghasilkan Bio-CNG, POME harus melewati tiga proses utama:<sup>22</sup>

1. Pra-pengolahan (*scrubbing* H<sub>2</sub>S dan penghilangan air): Biogas diolah dengan menggunakan *scrubber* biogas H<sub>2</sub>S biologis dan/atau kimia untuk mengurangi tingkat H<sub>2</sub>S hingga kurang dari 15 ppm (lihat bagian *Scrubber* Biogas).
2. Pemurnian dan *upgrading* (penghilangan CO<sub>2</sub> dan peningkatan CH<sub>4</sub>): Biogas yang telah diolah sebelumnya, dikompres untuk meningkatkan kandungan metana dengan kualitas yang serupa dengan gas alam (lihat bagian Sistem *Upgrading* Biogas).
3. Kompresi dan penyimpanan gas: Setelah melalui proses pemurnian dan *upgrading*, biogas kemudian dikompresi lebih lanjut hingga 250 bar dan disimpan sementara dalam silinder atau langsung disalurkan ke trailer CNG untuk diangkut.

# Pengembang Proyek Bio-CNG

Grup Raja Rafa Samudra (RRS)



# Konversi Bahan Bakar Kendaraan dengan Bio-CNG

Grup Raja Rafa Samudra (RRS)

RRS merupakan perusahaan yang melayani bisnis sektor hilir gas di Indonesia. Untuk proyek Bio-CNG, anak perusahaan Raja Gas Kharisma (RGK) menyediakan pengembangan layanan penuh dari seluruh rantai nilai untuk produksi dan pemrosesan biogas, biometana, dan Bio-CNG. Perusahaan mengembangkan pabrik Bio-CNG pertama di Indonesia dan terus mengaplikasikan serta mengkomersialkan *upgrading* biogas dan teknologi Bio-CNG untuk menggantikan bahan bakar diesel untuk truk dan generator listrik.

Raja Gas Samudra (RGS), bagian dari Grup RRS, berfokus pada bisnis konversi gas. Diadaptasi dari basis teknologi Eropa dan rekayasa (*engineering*) dari Thailand, RGS telah berhasil melokalisasi kemampuan instalasinya dalam mengubah mesin, untuk kendaraan dan untuk menghasilkan tenaga listrik, dengan bahan bakar Bio-CNG. RGS memiliki Bengkel Bersertifikat untuk pemasangan konversi CNG, dianugerahkan oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Darat Republik Indonesia. Bengkel ini terletak di bagian timur Jakarta.

## KEUNGGULAN

- Memiliki pengalaman luas dalam bisnis CNG

## LAYANAN YANG DITAWARKAN

oleh RGK

- Studi kelayakan
- Pengembangan proyek
- Pemanfaatan Bio-CNG

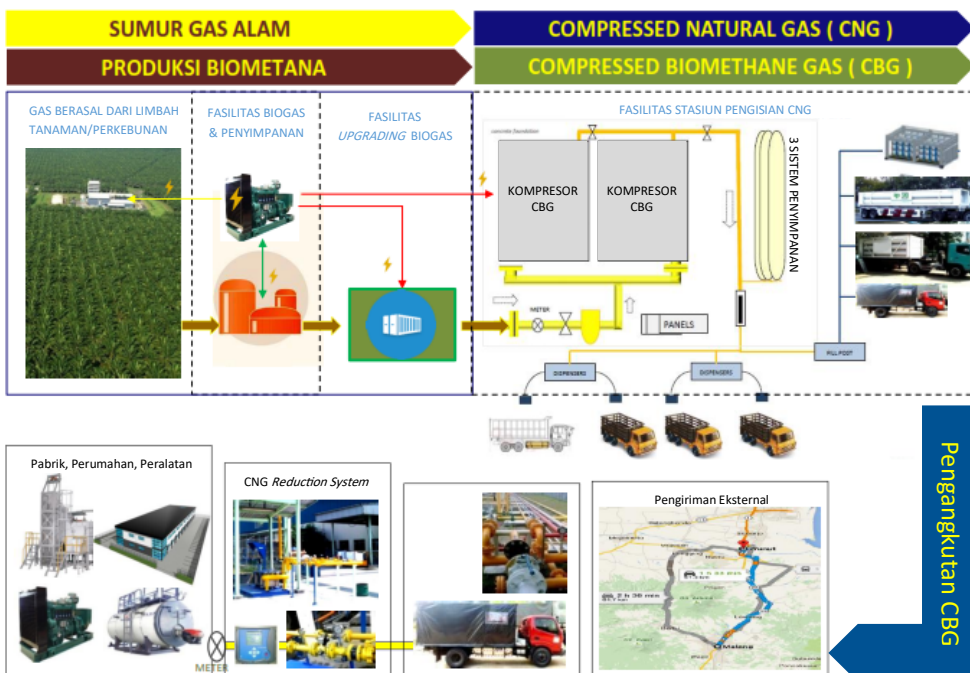
## LAYANAN YANG DITAWARKAN

oleh RGS

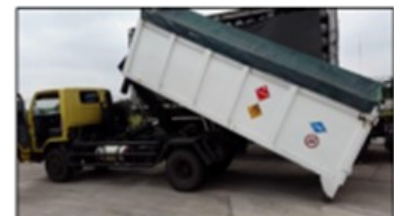
- Instalasi konversi CNG, kit, dan suplai suku cadang
- Pemeliharaan dan perbaikan kendaraan CNG
- Suplai dan servis silinder CNG
- Konversi bahan bakar diesel menjadi Bio-CNG untuk genset dan truk

Proses komersialisasi Bio-CNG RRS untuk penggantian bahan bakar diesel

## KOMERSIALISASI BIO-CNG UNTUK SUBSTITUSI BAHAN BAKAR



Toyota Dyna 130 PS



Mitsubishi 130 P

Truk berbahan bakar Bio-CNG yang dikonversi oleh RGS

JENIS KOLABORASI Untuk Dijual, Untuk Servis, Usaha Patungan (*Joint Venture*)

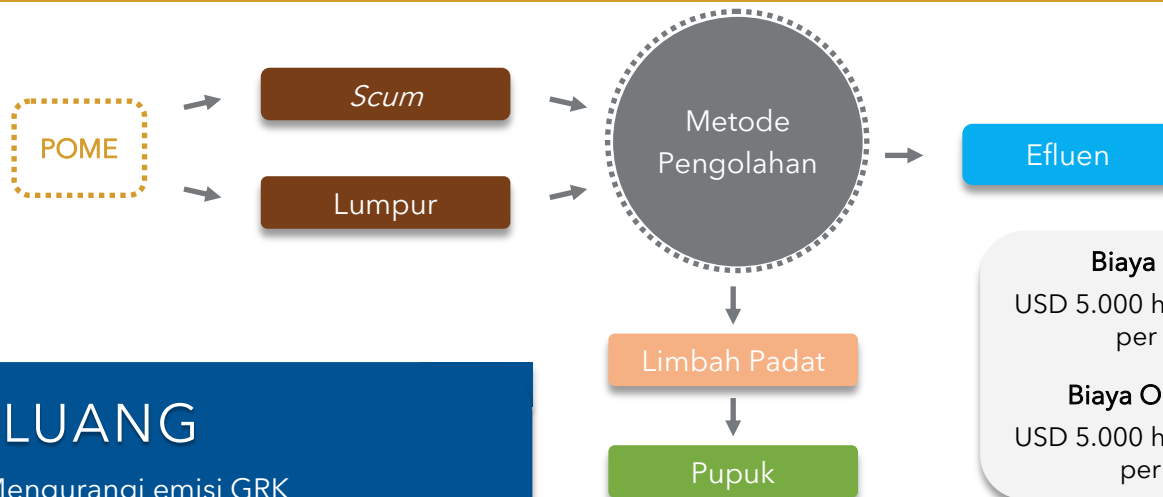
DIKEMBANGKAN DI Indonesia

WILAYAH PILIHAN Indonesia

TINGKAT KESIAPAN (TRL) *Scaling Up* (TRL 9)



# PENGOLAHAN LIMBAH *SCUM* DAN LUMPUR



**Biaya Investasi**  
USD 5.000 hingga 250.000 per pabrik

**Biaya Operasional**  
USD 5.000 hingga 175.000 per tahun

## PELUANG

- Mengurangi emisi GRK
- Mengurangi penggunaan alat berat
- Padatan kering dapat digunakan sebagai kompos, pupuk, dan pembenahan tanah
- Mengurangi polutan limbah di saluran air

**6.500 ton setara CO<sub>2</sub>**  
per tahun

Potensi pengurangan emisi GRK<sup>11</sup>

POME yang keluar dari pabrik umumnya diolah menggunakan sistem kolam terbuka, di mana lumpur dan *scum* secara konsisten dan sering terakumulasi, membutuhkan pembuangan rutin untuk menjaga kondisi kolam yang optimal. Umumnya, pembersihan ini dilakukan setiap tahun menggunakan pengerukan mekanis, yang biasanya menimbulkan biaya pemeliharaan tambahan. Perbaikan pada pengolahan limbah *scum* dan lumpur dapat mengurangi biaya pemeliharaan berkala yang disebabkan oleh akumulasi minyak dan lumpur dan menciptakan manfaat ekonomis, sekaligus mengurangi emisi GRK dengan meningkatkan efisiensi pengolahan air limbah.



Gambar: (Kiri) Pengolahan lumpur POME di kolam limbah (Sumber—ResearchGate). (Kanan) Kolam limbah kelapa sawit di Indonesia (Sumber—KPSR-biogas.com).

## Microbe-Lift

PT Planetbiru Indonesia



Microbe-lift mengandung mikroorganisme khusus yang dipilih dan dirancang khusus untuk mempercepat degradasi senyawa yang bermasalah dalam sistem air limbah secara biologis. Microbe-lift dikembangkan selama lebih dari empat dekade dan telah diterapkan di industri pabrik kelapa sawit di Indonesia selama lebih dari sepuluh tahun untuk memulai restorasi kolam. Microbe-lift menggunakan proses fermentasi multi-tahap selama lima hari yang menghasilkan produk yang stabil dengan masa pakai lebih dari dua tahun. Teknologi Microbe-lift mengurangi kebutuhan penggunaan ekskavator dan pembuatan kolam baru, sekaligus menjadi solusi untuk menangani air limbah dan lumpur pabrik kelapa sawit yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

**JENIS KOLABORASI** Untuk Dijual

**DIKEMBANGKAN DI** Amerika Serikat

**WILAYAH PILIHAN** Indonesia

**TINGKAT KESIAPAN (TRL)** *Scaling Up* (TRL 9)

### KEUNGGULAN

- Mengurangi pembentukan lumpur dan biaya penanganan lumpur
- Tahan terhadap perubahan beban yang tiba-tiba
- Mengurangi BOD, COD, dan TSS dalam limbah
- Meningkatkan proses nitrifikasi
- Memperbaiki kualitas pengendapan

### LAYANAN YANG DITAWARKAN

oleh PT Planetbiru Indonesia

- Konsultasi
- Rekayasa (*engineering*)



Gambar: Proses pengolahan *scum* menggunakan Microbe-Lift di kolam anaerobik (Sumber: Planetbiru).



## Dewatering Geotube®

TenCate Geosynthetics Asia Sdn. Bhd.

Wadah *dewatering* Geotube® TenCate menawarkan solusi sederhana, hemat biaya, dan ramah lingkungan untuk pengolahan lumpur. Dengan teknologi ini, tekstil yang direkayasa secara khusus ini dibuat menjadi wadah yang dapat meniriskan air, mengoptimalkan retensi padatan, laju pembuangan efluen, dan kualitas filtrat. Teknologi *dewatering* Geotube® TenCate dengan cara berikut:

1. *Pengisian lumpur*
2. *Pengeringan*: Membiarkan air merembes melalui membrane sekaligus menahan padatan
3. *Pemadatan melalui perpanjangan waktu*: Memungkinkan pengeringan biosolid lebih lanjut di dalam unit.

**JENIS KOLABORASI** Untuk Dijual

**DIKEMBANGKAN DI** Belanda

**WILAYAH PILIHAN** Global

**TINGKAT KESIAPAN (TRL)** *Scaling Up* (TRL 9)



Gambar: Lumpur POME yang diolah dengan *Dewatering Geotube*® TenCate (Sumber: TenCate Geosynthetics).

### KEUNGGULAN

- Satu unit dapat menghasilkan 120 metrik ton padatan kering
- Dapat mengurangi kandungan padatan dari 3-8 persen menjadi 1,5-3 persen
- Tidak memerlukan penggunaan lahan tambahan
- Menghasilkan pupuk setiap dua hingga tiga bulan yang dapat diaplikasikan ke lahan

### LAYANAN YANG DITAWARKAN

oleh TenCate Geosynthetics

- Suplai produk
- Layanan teknis



# Sistem Penanganan Lumpur C-tube

PT Elmoz Geo Solusi



Teknologi C-tube Elmoz adalah wadah yang terbuat dari geosintetik yang dirancang secara sederhana dan aplikasinya berbiaya rendah. Dapat mengurangi volume lumpur hingga 90 persen, C-tube tersedia dalam berbagai ukuran, tergantung pada kebutuhan ruang dan volume lumpur. Proses pengeringan POME menggunakan C-tube adalah sebagai berikut:

1. *Ekstraksi (pengerukan atau pompa):* Pembuangan lumpur dari kolam limbah.
2. *Pengeringan:* Pembuangan air secara berkesinambungan dari lumpur dalam tabung tekstil teknis.
3. *Pembuangan:* Padatan lumpur dalam wadah tekstil dibuka dan dapat dibuang atau digunakan sebagai pupuk.

**JENIS KOLABORASI** Untuk Dijual

**DIKEMBANGKAN DI** Indonesia

**WILAYAH PILIHAN** Indonesia

**TINGKAT KESIAPAN (TRL)** *Scaling Up* (TRL 9)



Gambar: (Kiri) Proses pengisian C-tube dan (kanan) padatan kering yang diperoleh (Sumber –PT Elmoz Geo Solusi).

## KEUNTUNGAN

- Pengurangan COD dan TSS
- Tahan lama di lingkungan alami
- Pemasangan dan penanganan yang mudah

## LAYANAN YANG DITAWARKAN

oleh PT Elmoz Geo Solusi

- Konsultasi
- Rekayasa (*engineering*)
- Layanan teknis



# Green Mark Dewatering Press System

Green Mark Projects Sdn. Bhd.

Green Mark Projects merupakan produsen mesin pengolahan limbah kelapa sawit. Mesin *Green Mark dewatering press* adalah sistem penghilangan lumpur secara kontinu menggunakan teknologi "memeras." Sistem ini dapat menangkap lebih dari 99 persen padatan dari POME, secara signifikan mengurangi BOD air limbah dan menghasilkan produk yang sesuai untuk pupuk.

**JENIS KOLABORASI** Untuk Dijual

**DIKEMBANGKAN DI** Indonesia

**WILAYAH PILIHAN** Indonesia

**TINGKAT KESIAPAN (TRL)** *Scaling Up* (TRL 9)



Gambar: Penghilangan kandungan padatan dengan sistem *dewatering* (Sumber –Green Mark Projects Sdn. Bhd.).

## KEUNGGULAN

- Efisiensi tinggi
- Menghilangkan kebutuhan pengerukan mekanis
- Padatan lumpur dapat digunakan sebagai pupuk NPK tinggi
- Secara efisien menghilangkan >80 persen COD
- Terbukti mampu mengurangi emisi GRK secara efektif oleh ISCC dan RSPO

## LAYANAN YANG DITAWARKAN

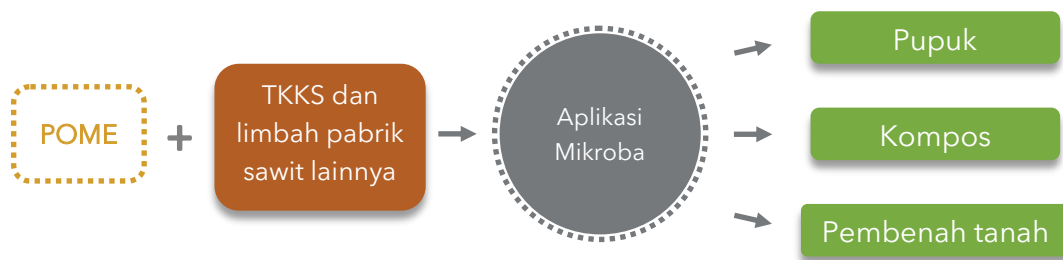
oleh Green Mark Projects Sdn. Bhd.

- Suplai produk
- *Turnkey*
- Instalasi
- Layanan konsultasi teknis dan konsultasi pabrik





# PRODUKSI PUPUK DAN KOMPOS



## Biaya Investasi

Hingga  
USD 1,5 juta  
Pabrik 60 ton TBS/jam

## Biaya Operasional

USD 10.000 hingga  
135.000 per tahun

Dekomposisi POME dan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dapat menghasilkan produk bernilai berupa kompos dan pupuk organik. Pengomposan adalah proses biologis yang menstabilkan bahan

organik, dan setelah terbentuk, dapat digunakan untuk memperbaiki tanah dengan meningkatkan kesuburan dan kemampuan tanah untuk mempertahankan kelembapan. Pengomposan terjadi ketika mikroorganisme aerobik menguraikan substrat dan senyawa organik yang mudah diurai, sering digunakan dalam menstabilisasi limbah kelapa sawit organik. Dengan memproduksi bahan kompos yang distabilkan secara kimia, sebagian dari bahan organik yang tersisa diubah menjadi asam humat-komponen yang berperan dalam perbaikan kualitas tanah. Kestabilan kompos sangat penting untuk daur ulang limbah organik di lahan pertanian.<sup>23</sup>

Pupuk adalah bahan, alami ataupun sintetis, yang diaplikasikan ke tanah atau jaringan tanaman dengan tujuan memberikan nutrisi. POME dapat dikeringkan dan digunakan sebagai pupuk karena mengandung nilai nutrisi

yang tinggi, misalnya nitrogen. Hubungan antara kompos dan pupuk sama-sama saling melengkapi, yang dibutuhkan untuk tanaman yang sehat, dan dengan demikian, pabrik kelapa sawit yang membuat produk ini memiliki peluang untuk mengurangi emisi GRK sekaligus menghasilkan produk yang bernilai dan dapat menambah arus pendapatan.

**88.000 ton setara CO<sub>2</sub>**  
*per tahun*

Potensi pengurangan emisi GRK dari pabrik berkapasitas 60 ton TBS per jam<sup>18</sup>

## PELUANG

- Pengurangan emisi GRK
- Menghasilkan produk dan bisnis baru
- Mengurangi konsumsi pupuk anorganik di perkebunan kelapa sawit
- Mengurangi polutan limbah padat di saluran air setempat

## TANTANGAN

- Memerlukan area yang luas untuk pemrosesan
- Pasar kompos dan pupuk organik belum berkembang dengan baik

# Sistem Dekomposisi Aerobik TKKS

PT Indmira



Sistem dekomposisi aerobik TKKS Indmira merupakan teknologi yang menggunakan campuran POME dan bakteri untuk menguraikan TKKS. Dekomposer aerobik mempercepat proses dekomposisi tanpa menghasilkan metana, sehingga mengurangi emisi GRK. Teknologi ini menghasilkan pupuk organik untuk restorasi tanah dan dapat digunakan di perkebunan kelapa sawit untuk mengurangi konsumsi pupuk kimia. Proses ini dibagi menjadi empat langkah:

1. *Campurkan* cairan dekomposer bakteri dengan POME di dalam kolam.
2. *Susun* TKKS dalam bentuk piramida.
3. *Semprotkan* TKKS dengan campuran cairan POME dan bakteri dua kali seminggu.
4. *Monitor* proses dekomposisi dua kali sebulan

Untuk Dijual, Kontrak

**JENIS KOLABORASI** Litbang atau Kerja Sama Penelitian, Untuk Servis

**DIKEMBANGKAN DI** Indonesia

**WILAYAH PILIHAN** Indonesia

**TINGKAT KESIAPAN (TRL)** *Scaling Up* (TRL 9)

## KEUNGGULAN

- Mengurangi waktu penguraian TKKS
- Pupuk yang dihasilkan mudah diserap tanaman

## LAYANAN YANG DITAWARKAN

oleh PT Indmira

- Konsultasi
- Layanan teknis
- Supervisi dan pemantauan
- Kontrak litbang atau kerja sama penelitian



Gambar: Penguraian limbah TKKS (Sumber—Indmira).

# Pengomposan dan Solusi Bio-organik Perkebunan

Vata VM Synergy (M) Sdn. Bhd.



Vata VM bekerja sama dengan mitra untuk memberikan persediaan nutrisi yang telah diperkaya dan menawarkan teknologi untuk mengubah POME dan TKKS menjadi produk pengelolaan nutrisi melalui proses anaerobik dan aerobik. Hingga 50 persen POME dan 100 persen TKKS yang dihasilkan oleh pabrik dapat digunakan di pabrik kompos Vata VM untuk pengomposan. Kompos dan pembenah tanah yang dihasilkan, bila diaplikasikan di lapangan dengan Sistem Bank Nutrisi Vata, terbukti mampu mengurangi penggunaan pupuk kimia hingga 40 persen, mengurangi potensi pencemaran air tanah, dan mengembalikan kandungan karbon organik tanah tanpa mengorbankan hasil keseluruhan.

**JENIS KOLABORASI** Untuk Dijual

**DIKEMBANGKAN DI** Malaysia

**WILAYAH PILIHAN** Asia Tenggara

**TINGKAT KESIAPAN (TRL)** *Scaling Up* (TRL 9)

## KEUNGGULAN

- Kepatuhan terhadap ISPO, MSPO, dan RSPO
- Pabrik kompos dapat diintegrasikan dengan fasilitas biogas yang sudah ada atau yang baru
- Periode pengomposan 45 hari

## LAYANAN YANG DITAWARKAN

oleh Vata VM Synergy

- Sistem pengomposan didesain khusus
- Konsesi
- EPCC/Konsultasi/ Usaha Patungan (*Joint Venture*)
- Lisensi
- Litbang



Gambar: TKKS dipindahkan ke pabrik kompos (Sumber—VATA VM).



# PRODUKSI BIOCHAR



*Biochar*, arang yang dihasilkan dengan membakar bahan organik dalam kondisi rendah oksigen, sering digunakan untuk remediasi tanah karena kemampuannya dalam memberikan manfaat yang besar bagi tanah; dari meningkatkan infiltrasi air dan kapasitas retensi nutrisi, hingga meningkatkan perkembangan akar dan meningkatkan aktivitas biologis dan keanekaragaman hayati.<sup>24</sup> Penggunaan *biochar* dapat membantu memitigasi dampak perubahan iklim dengan meningkatkan stok karbon di dalam tanah, sehingga mengurangi emisi GRK.

Biogas yang diproduksi dari POME dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar pembuatan *biochar*, dan TKKS dapat digunakan sebagai bahan baku organik, menjadikan produksi *biochar* yang terkait dengan pengolahan POME menguntungkan secara ekonomi dan lingkungan.



## PELUANG

- Menangkap karbon dan memanfaatkan energi negatif karbon
- Mengurangi emisi N<sub>2</sub>O dan metana dalam tanah
- Remediasi/pemulihan tanah di perkebunan kelapa sawit dan lahan kritis
- Meningkatkan infiltrasi air dan kapasitas retensi nutrisi
- Meningkatkan aktivitas biologis dan keanekaragaman hayati
- Meningkatkan stok karbon dalam tanah

## TANTANGAN

- Pasar *biochar* belum berkembang dengan baik
- Aplikasi *biochar* untuk remediasi tanah relatif baru

**62.100 ton setara CO<sub>2</sub>**  
per tahun

Potensi pengurangan emisi GRK dari pabrik berkapasitas sebesar 60 ton TBS per jam<sup>18,25</sup>

# Biochar untuk Solusi Bio-organik Perkebunan

Vata VM Synergy (M) Sdn. Bhd.



Vata VM bekerja sama dengan mitra untuk memberikan persediaan nutrisi yang telah diperkaya dan menawarkan teknologi untuk mengubah POME dan TKKS menjadi produk pengelolaan nutrisi melalui proses anaerobik dan aerobik. Vata VM menawarkan fasilitas produksi *biochar* yang terintegrasi dengan teknologi pengomposan, yang memanfaatkan proses pirolisis, yaitu perubahan kimia yang terjadi melalui dekomposisi termal material pada suhu tinggi, untuk menghasilkan *biochar* dan gas baku yang dapat dikompresi lebih lanjut menjadi minyak nabati. Dengan cara ini, kombinasi komponen pengomposan dan *biochar* terbukti bermanfaat secara ekologi dan ekonomi.

**JENIS KOLABORASI** Untuk Dijual

**DIKEMBANGKAN DI** Malaysia

**WILAYAH PILIHAN** Asia Tenggara

**TINGKAT KESIAPAN (TRL)** *Scaling Up* (TRL 9)

## KEUNGGULAN

- Dapat memanfaatkan 100 persen TKKS dan hingga 50 persen POME
- Produksi *biochar* dapat berlangsung secara kontinu
- Kepatuhan terhadap ISPO, MSPO, dan RSPO

## LAYANAN YANG DITAWARKAN oleh Vata VM Synergy

- EPCC/Konsultasi/Usaha Patungan (*Joint Venture*)
- Konsesi
- Pemberian Lisensi
- Litbang



# Produksi *Biochar*

Balai Penelitian Lingkungan Pertanian

Balai Penelitian Lingkungan Pertanian (Balitang) adalah bagian dari Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian Indonesia, di bawah naungan Kementerian Pertanian, dan mengembangkan teknologi yang mudah diadopsi petani dan memanfaatkan bahan-bahan lokal. Beberapa hasil penelitian saat ini sudah dipatenkan dan di pusat litbang mereka di Pati, Jawa Tengah terdapat prototipe sistem integrasi tanaman-ternak untuk memproduksi *biochar* dari limbah pertanian. Sistem ini melibatkan proses pirolisis yang juga memanfaatkan proses kondensasi untuk menghasilkan asap cair yang dapat digunakan untuk memproduksi sabun antiseptik, pengawet makanan, dan kosmetik. Karbon aktif juga dapat diproduksi melalui peningkatan suhu pada proses yang sama.

**JENIS KOLABORASI** Kontrak Litbang, Kerja Sama Penelitian, Lisensi

**DIKEMBANGKAN DI** Indonesia

**WILAYAH PILIHAN** Indonesia

**TINGKAT KESIAPAN (TRL)** Demonstrasi Komersial Awal, Adopsi, Diseminasi (TRL 8)

## LAYANAN YANG DITAWARKAN

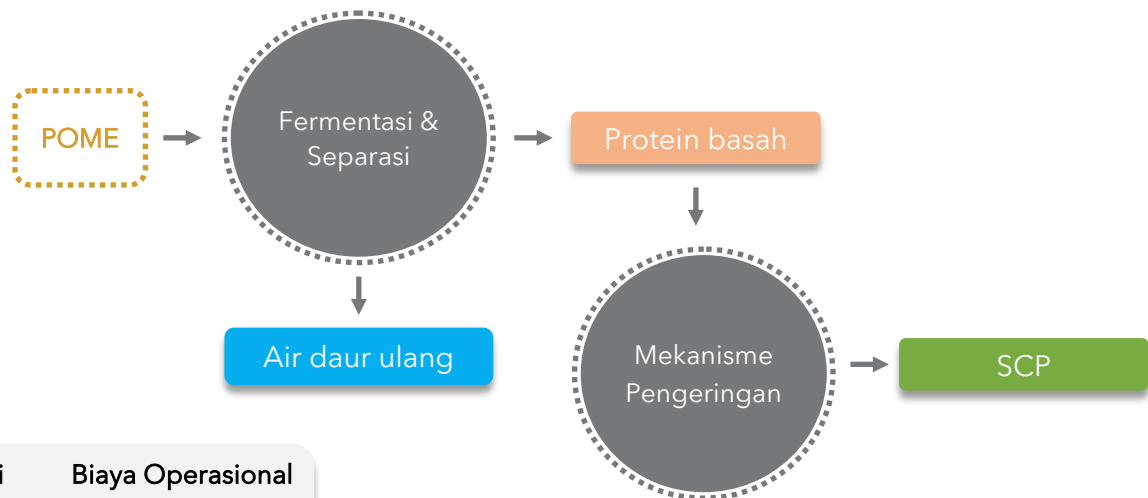
- Konsultasi
- Kerjasama Litbang



Gambar: Prototipe instalasi *biodigester* (atas) dan tungku *biochar* (bawah) (Sumber –Balitang).



# SUPLEMEN PAKAN TERNAK



## Biaya Investasi

USD 2,5 juta  
Pabrik 45 ton TBS/jam

## Biaya Operasional

USD 575 per ton  
SCP

iCell Sustainable Nutrition Co., Ltd. (iCell) memiliki solusi teknologi inovatif untuk POME, yang didedikasikan untuk mengintegrasikan sumber daya lingkungan, biologis, dan sumber daya nutrisi global, yaitu produk berupa protein sel tunggal (*Single-Cell Protein* = SCP). Melalui produksi SCP, iCell menyediakan rangkaian solusi tertutup ganda untuk air dan nutrisi dalam rantai industri makanan. Teknologi ini memanfaatkan sumber daya dari lumpur dan produk sampingan nutrisi untuk memproduksi nutrisi bernilai tambah sebagai inti dari keterlibatan untuk mempromosikan jejak karbon yang rendah, daur ulang sumber daya, dan nutrisi berkelanjutan. Penerapan teknologi iCell mendukung pemanfaatan POME dengan mempromosikan kelestarian lingkungan, mendukung pasar bahan pakan lokal Indonesia, dan membantu mengurangi impor bahan pakan untuk produsen pakan udang, unggas, dan sapi.

## PELUANG

- Menghilangkan polusi sekunder yang disebabkan oleh lumpur POME dan limbah lainnya
- Mengurangi emisi GRK
- Memproduksi air daur ulang untuk proses konversi

## TANTANGAN

- Memerlukan energi listrik
- Memerlukan pengiriman dan logistik tambahan untuk pabrik terpencil
- SCP harus dijual sebagai "bahan fungsional" untuk mendapat keuntungan sebagai cara pengembangan pasar dengan pelanggan pakan lokal
- Pasar masih perlu dikembangkan dan pembeli produk masih diidentifikasi

# Produksi Protein Sel Tunggal

*iCell Sustainable Nutrition Co., Ltd.*



iCell Sustainable Nutrition Co., Ltd. merupakan perusahaan berteknologi tinggi di bidang teknologi lingkungan, biologi, dan nutrisi, dan memiliki lebih dari 50 paten penemuan di berbagai wilayah ekonomi utama dunia. Dengan menggunakan teknologi yang telah dipatenkan, iCell dapat memanfaatkan POME untuk menghasilkan protein sel tunggal (SCP) yang dapat digunakan sebagai pakan ternak dan mendaur ulang air dan nutrisi secara penuh dari proses pabrik kelapa sawit sehingga menciptakan investasi lingkungan, sosial, dan tata kelola yang menguntungkan.

**JENIS KOLABORASI** Untuk Dijual

**DIKEMBANGKAN DI** Amerika Serikat

**WILAYAH PILIHAN** Global

**TINGKAT KESIAPAN (TRL)** *Scaling Up* (TRL 9)

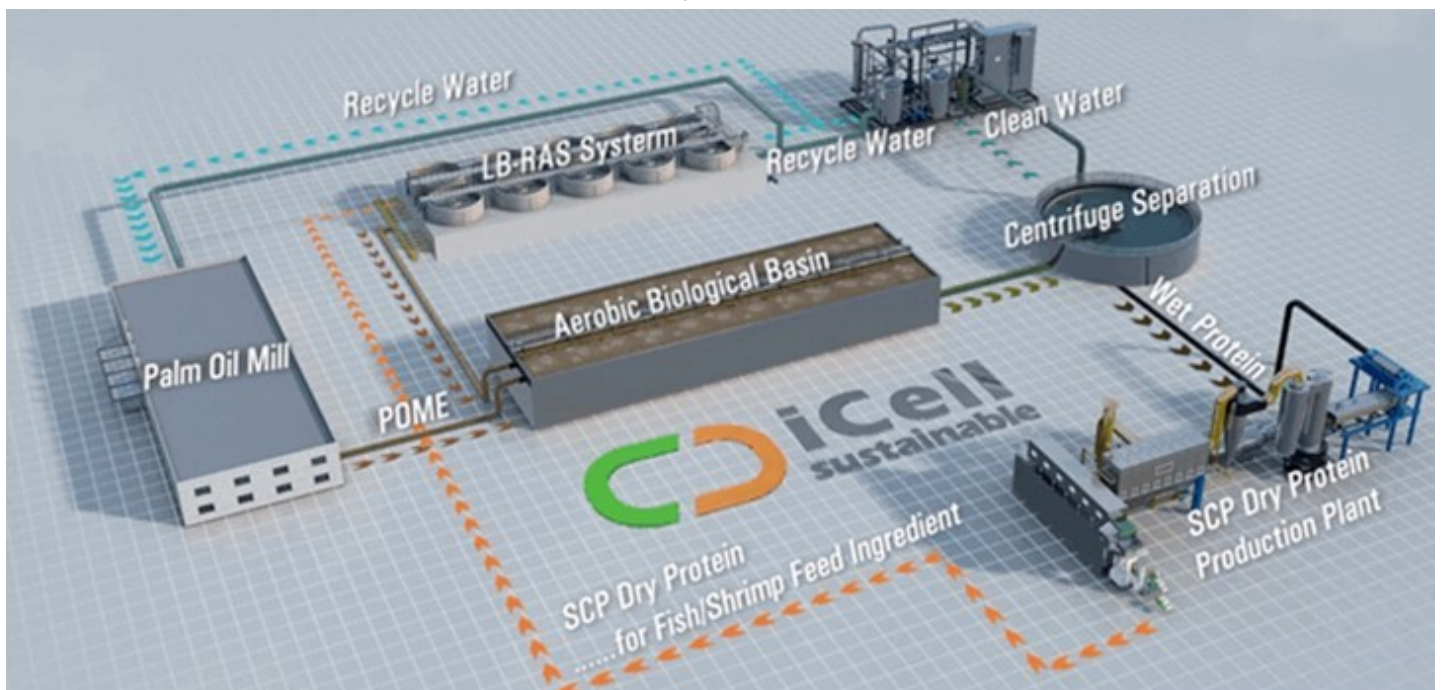
## KEUNGGULAN

- Menghilangkan polusi sekunder yang disebabkan oleh lumpur dan limbah lainnya
- Menghasilkan air untuk digunakan kembali dalam proses konversi SCP

## LAYANAN YANG DITAWARKAN

oleh iCell

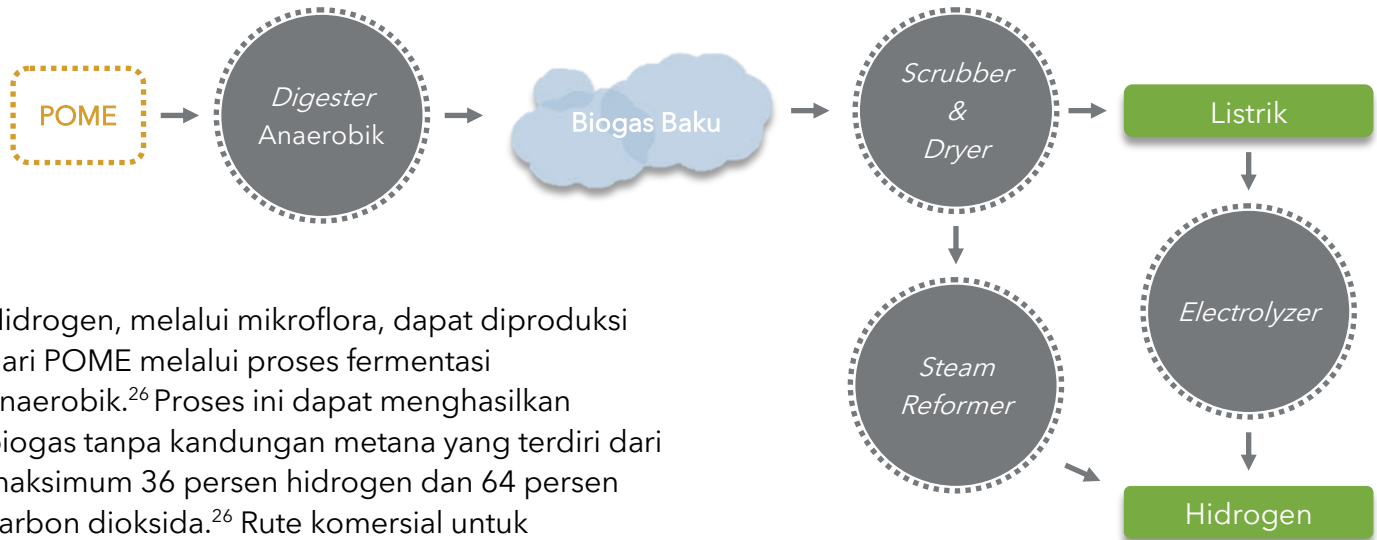
- Lisensi
- Penjualan/sewa guna usaha peralatan MiCell
- Pembelian kembali (*buy-back*) SCP untuk dijual



Gambar: Alur proses SCP iCell (Sumber-iCell).



# PROYEK HIDROGEN RAMAH LINGKUNGAN



Hidrogen, melalui mikroflora, dapat diproduksi dari POME melalui proses fermentasi anaerobik.<sup>26</sup> Proses ini dapat menghasilkan biogas tanpa kandungan metana yang terdiri dari maksimum 36 persen hidrogen dan 64 persen karbon dioksida.<sup>26</sup> Rute komersial untuk memproduksi hidrogen dari POME mencakup membangkitkan listrik untuk mengoperasikan *electrolyzer* atau melalui penambahan *steam reformer* untuk memproses biogas-tanpa metana yang dihasilkan.

Hidrogen ramah lingkungan dapat menyediakan sistem energi dengan solusi penyimpanan energi jangka panjang, mampu memitigasi variasi/ perubahan sumber daya terbarukan, sehingga meningkatkan laju penggunaan energi terbarukan.<sup>27</sup> *Electrolyzer* dan teknologi *fuel cell* mengalami perbaikan yang signifikan dalam hal biaya, efisiensi, dan kualitas produk, hidrogen ramah lingkungan terus bersaing dalam hal biaya dengan hidrogen yang diproduksi dari bahan bakar fosil dalam konteks dan geografi tertentu.

## PELUANG

- Memproduksi hidrogen di tempat untuk mendukung proses hilir industri kelapa sawit
- Menyediakan daya untuk *electrolyzer*

## TANTANGAN

- Pengurangan biaya lebih lanjut diperlukan untuk meningkatkan skala penggunaan hidrogen ramah lingkungan
- Memerlukan proses pemurnian hidrogen hingga 99,99 persen untuk digunakan dalam *fuel cell*<sup>8</sup>



# Pembangkit Listrik Tenaga Hidrogen



*HDF Energy*

HDF Energy mengembangkan dan mengoperasikan infrastruktur *hydrogen-to-power* skala besar berkapasitas tinggi untuk menyediakan listrik dari sumber energi terbarukan yang dikombinasikan dengan *fuel cell* multi-megawatt berdaya tinggi. Dengan menawarkan solusi listrik dekarbonisasi yang ramah jaringan dan stabil, HDF memungkinkan akselerasi transisi energi menjadi 100 persen dari energi terbarukan ke jaringan. HDF Energy telah mengembangkan dua model pembangkit listrik tenaga hidrogen *turnkey*:

- *Renewstable® (Listrik-ke-Listrik)*: menghasilkan listrik terbarukan untuk jaringan dan operator jaringan mikro (*micro-grid*), terdiri dari sumber energi terbarukan yang tidak stabil dan dilengkapi dengan penyimpanan energi hidrogen jangka panjang di tempat
- *Hypower® (Gas-ke-Listrik)*: menghasilkan listrik sesuai beban dari hidrogen ramah lingkungan

**JENIS KOLABORASI** Untuk Dijual, Usaha Patungan  
(*Joint Venture*)

**DIKEMBANGKAN DI** Perancis

**TINGKAT KESIAPAN (TRL)** *Scaling Up* (TRL 9)

## KEUNGGULAN

- Tidak ada komponen beracun atau bahan kimia yang dilepaskan
- Mengurangi pembangkitan listrik berbahan bakar fosil

## LAYANAN YANG DITAWARKAN

oleh HDF Energy

- Studi pasar/studi kelayakan/perizinan
- Pendirian SPV dan pembiayaan/investasi ekuitas
- Konstruksi dan *commissioning*
- O&M (20+ tahun)



Gambar: Pembangkit listrik *Hypower* HDF (Sumber-HDF).





# MATERIAL REFERENSI



# PANDUAN PENGGUNA BASIS DATA WIPO GREEN


Kebutuhan dan teknologi terkait pengolahan dan pemanfaatan POME di Indonesia yang tidak disebutkan dalam katalog dapat diunggah ke basis data WIPO GREEN untuk mendapatkan visibilitas global. Pengunggahan dan penggunaan basis data tidak dikenai biaya.

## Langkah-langkah untuk mengunggah teknologi dan/atau kebutuhan teknologi:

### 1. Buat akun WIPO resmi

- ⇒ Jelajahi [WIPO GREEN database](#)
- ⇒ Klik [Become a user today](#) (menjadi pengguna mulai hari ini)
- ⇒ Lanjutkan untuk membuat akun WIPO dengan mengisi formulir informasi pengguna
- ⇒ Klik "*Create an account*" (buat akun)
- ⇒ Tunggu surat elektronik/email konfirmasi untuk dikirim ke alamat email yang Anda berikan
- ⇒ Klik tautan yang dicantumkan dalam email konfirmasi untuk memvalidasi akun WIPO Anda

### 2. Buat profil resmi WIPO GREEN

- ⇒ Setelah divalidasi, login ke akun Anda di basis data WIPO GREEN melalui ikon 
- ⇒ Buat profil WIPO GREEN dengan melengkapi informasi profil Anda dan memilih layanan WIPO GREEN yang Anda inginkan
- ⇒ Setelah disimpan, status permintaan Anda akan berubah menjadi "*Pending*" (tertunda) dan Anda akan menerima email pemberitahuan pendaftaran Anda
- ⇒ Anggota WIPO GREEN akan memverifikasi izin untuk Anda dalam waktu sekitar dua hari kerja, dan jika diberikan, izin akan berubah dari "*Pending*" menjadi "*Granted*" (diberikan)

### 3. Isi dan kirimkan formulir teknologi/kebutuhan

- ⇒ Setelah Anda diberikan izin, arahkan ke *tab* dalam tampilan basis data dan pilih "*Submit Technology*" (kirim teknologi) atau "*Submit Needs*" (kirim kebutuhan)
  - \* Jika Anda ingin mengunggah atas nama entitas lain, gunakan bagian "*Contact Information*" (informasi kontak) dari formulir dan pilih "*Yes*" (ya) untuk membuka rincian formulir
  - \* Jika Anda ingin tetap anonim saat mengunggah kebutuhan, Anda dapat menggunakan nama anonim untuk mengisi bagian pemilik
- ⇒ Isi formulir dan klik simpan (opsional: kiriman teknologi/kebutuhan dapat ditambahkan ke koleksi "POME Indonesia")
- ⇒ Anda kemudian akan diberi opsi kapan untuk mempublikasikan artikel Anda, klik "*Publish later*" (terbitkan nanti) jika Anda ingin menyimpannya sebagai draf, atau "*Yes, publish*" (ya, terbitkan) jika Anda ingin segera menerbitkannya. Setelah dipublikasikan, Anda akan menerima email konfirmasi
- ⇒ Publikasi teknologi/kebutuhan Anda akan muncul di basis data WIPO GREEN
  - \* Publikasi Anda akan secara otomatis dicocokkan dengan kebutuhan dan teknologi dalam basis data setelah terkirim. Anda akan menerima email yang berisi publikasi teknologi/kebutuhan yang potensial cocok dengan publikasi Anda dan "*Saved search*" (penelusuran tersimpan) secara otomatis akan dibuat dengan peringatan melalui email aktif
- ⇒ Untuk mengelola publikasi Anda, arahkan ke *tab* "*Dashboard*", dan pilih "*My submissions*" (pengiriman saya). Untuk meninjau statistik publikasi Anda, pilih "*My dashboard*"
- ⇒ Untuk melakukan suatu tindakan pada publikasi yang sudah terkirim (mengubah, menanggapi, menghapus, dll.), arahkan ke bagian opsi tindakan pada kolom "*Actions*" untuk memilih tindakan yang diinginkan

Silakan periksa situs web [WIPO GREEN database](#) untuk mengakses pembaruan panduan pengguna. Untuk pertanyaan, umpan balik, dan pertanyaan teknis, silakan hubungi tim WIPO GREEN di [wipo.green@wipo.int](mailto:wipo.green@wipo.int)



# Kebutuhan Pabrik

Bidang teknologi yang ditampilkan dalam katalog ini dipilih untuk merespon kebutuhan teknologi yang diungkapkan ketika wawancara satu per satu dengan 14 pabrik kelapa sawit di Indonesia. Tabel berikut ini menampilkan rangkuman kebutuhan tersebut.

Bidang Teknologi	Kebutuhan
Pemanfaatan Biogas	Pengembangan proyek POME menjadi listrik.
	Bantuan teknis untuk kajian awal potensi biogas di pabrik kelapa sawit.
	Mengubah pengolahan POME saat ini yang menggunakan kolam terbuka menjadi biogas untuk sistem <i>flaring</i> .
<i>Scrubber</i> H <sub>2</sub> S	Teknologi untuk menurunkan kadar H <sub>2</sub> S dalam biogas sebelum digunakan di mesin biogas.
Pengembangan Proyek Bio-CNG	Bantuan teknis untuk pembangunan pabrik biogas/Bio-CNG dan pemanfaatannya.
	Pengembangan proyek POME menjadi biogas/Bio-CNG.
	Bantuan teknis untuk melakukan studi kelayakan Bio-CNG.
Pengolahan Limbah <i>Scum</i> dan Lumpur	Pengolahan pembuangan <i>scum</i> di kolam pengasaman.
	Menurunkan kadar BOD/COD dari efluen akhir.
	Teknologi pemisahan efluen <i>digester</i> anaerobik untuk menghilangkan akumulasi lumpur di kolam sedimentasi.
Pengolahan TKKS	Sistem pengolahan POME dan biomassa terintegrasi.
	Pengolahan TKKS untuk menghindari emisi, akumulasi limbah, hama, dan penyakit
Investasi dan Pasar Karbon	Pengembang proyek/investor untuk mengolah dan memanfaatkan POME serta mencari pembeli produk seperti kompos, Bio-CNG, pakan ternak, dll.
	Pasar/pembeli kredit karbon dari sistem pembangkit listrik tenaga biogas.
Umum	Pilihan teknologi pengolahan POME selain penangkapan metana.
	Teknologi pengolahan POME yang cocok di lahan gambut dan menguntungkan secara ekonomi
	Pilihan teknologi pengolahan POME yang menguntungkan secara ekonomi.

# Detail Kebutuhan Pabrik

Bidang teknologi yang ditampilkan dalam katalog ini dipilih sebagai jawaban atas kebutuhan yang diungkapkan oleh 14 pabrik kelapa sawit di Indonesia selama wawancara tatap muka. Berikut ini adalah ringkasan kebutuhan mereka. Pemilik kebutuhan dan teknologi dapat dihubungi melalui basis data WIPO GREEN.

Pencari	Lokasi	Tantangan Saat Ini	Kebutuhan	Hasil yang Diinginkan
PT Bangka Biogas Synergy	Pulau Bangka	Akumulasi sedimen di kolam pengolahan air limbah	Teknologi pemisahan limbah <i>digester</i> anaerobik WIPO ID   23663	<ul style="list-style-type: none"> <li>Memisahkan lumpur dari air buangan</li> <li>Padatan efluen <i>digester</i> anaerobik dapat digunakan untuk remediasi tanah dan ditingkatkan menjadi pupuk</li> <li>Limbah akhir digunakan untuk aplikasi lahan atau didaur ulang untuk dimanfaatkan kembali dalam proses pengolahan di pabrik</li> </ul>
		Kandungan H <sub>2</sub> S setelah <i>scrubber</i> biogas terpasang sekitar 500 ppm	Menurunkan kandungan H <sub>2</sub> S sebelum mesin biogas WIPO ID   23664	<ul style="list-style-type: none"> <li>Teknologi, mekanisme, atau metode yang dapat menurunkan kadar hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S) yang akan masuk ke mesin biogas dari 500 ppm menjadi di bawah 200 ppm</li> </ul>
Pabrik Kelapa Sawit 1	Muara Bungo	Kolam limbah konvensional untuk pengolahan POME	Mengurangi emisi GRK dari pengolahan POME saat ini yang menggunakan kolam terbuka WIPO ID   23723	<ul style="list-style-type: none"> <li>Skema usaha patungan untuk proyek penangkapan metana atau teknologi lain untuk pengolahan POME</li> <li>Menghasilkan pendapatan tambahan</li> <li>Terbuka kerjasama dengan investor</li> </ul>
		TKKS tidak diolah (140-180 ton per hari) menimbulkan isu hama dan penyakit dan mengeluarkan GRK ke atmosfer	Pengolahan TKKS WIPO ID   23733	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistem pengolahan untuk TKKS (misalnya pengomposan untuk pemulihan tanah/ pupuk organik untuk mempromosikan pertanian berkelanjutan)</li> <li>Terbuka kerjasama dengan investor dengan asumsi investor memiliki pembeli yang potensial untuk produk</li> </ul>
Pabrik Kelapa Sawit 2	Riau	TKKS yang ada saat ini tidak diolah	Pabrik Pengomposan TKKS WIPO ID   86437	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menggabungkan pengolahan TKKS dan POME dengan meningkatkan nilai tambah limbah yang diolah</li> <li>Biaya investasi rendah dan pasokan peralatan dari lokal</li> <li>Pilihan model bisnis BOT lebih disukai</li> </ul>
Pabrik Kelapa Sawit 3	Kalimantan bagian barat	Kolam limbah konvensional untuk pengolahan POME	Biogas untuk sistem <i>flaring</i> WIPO ID   86438	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rencana pembangunan pabrik biogas untuk <i>flaring</i> pada tahun 2021 di dua pabrik</li> <li>Perusahaan memiliki target untuk mengurangi 10 persen emisi GRK</li> </ul>



Pencari	Lokasi	Tantangan Saat Ini	Kebutuhan	Hasil yang Diinginkan
Pabrik Kelapa Sawit 4	Kalimantan	Hambatan dalam pelaksanaan adalah anggaran	Teknologi pengolahan POME WIPO ID   86439	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pabrik berencana untuk memanfaatkan POME; berharap untuk mengembangkan proyek dengan dukungan dari penyedia teknologi atau investor</li> <li>Tertarik dengan pilihan teknologi selain penangkapan metana</li> </ul>
Pabrik Kelapa Sawit 5	Kalimantan	Kolam limbah konvensional untuk pengolahan POME	Pengembang proyek pembangkit listrik tenaga biogas WIPO ID   86440	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mengembangkan lebih banyak proyek pembangkit listrik tenaga biogas untuk menerapkan praktik keberlanjutan yang baik, bekerja sama dengan pengembang proyek atau investor untuk berbagi risiko</li> <li>Investor atau pengembang proyek untuk mengembangkan proyek energi terbarukan berbasis POME di pabrik mereka</li> </ul>
Pabrik Kelapa Sawit 6	Sumatera	Menemukan pasar kredit karbon	Pasar kredit karbon untuk pembangkit listrik tenaga biogas dari POME berkapasitas 1,8 MWe WIPO ID   86456	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menemukan pembeli kredit karbon dengan harga bersaing</li> </ul>
Pabrik Kelapa Sawit 7	Sumatera Utara	Kolam limbah konvensional untuk pengolahan POME untuk dibangun di lahan gambut	Teknologi pengolahan POME yang menguntungkan secara ekonomi untuk lahan gambut WIPO ID   86457	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dalam proyek bekerja sama dengan investor, penyedia teknologi, atau pengembang proyek</li> <li>Dapat membangkitkan listrik untuk dijual ke jaringan PLN lebih disukai</li> </ul>
Pabrik Kelapa Sawit 8	Kalimantan	Menurunkan kadar BOD dan COD dari efluen akhir sebelum dibuang ke badan air	Menurunkan kadar BOD menggunakan metode yang hemat biaya WIPO ID   86458	<ul style="list-style-type: none"> <li>Metode yang lebih efektif untuk mendukung industri kelapa sawit yang ramah lingkungan dalam menurunkan kadar BOD dan COD dari efluen akhir</li> <li>Pengolahan tambahan untuk pemurnian efluen dengan mendaur ulang air untuk sistem <i>boiler</i></li> </ul>
		Kolam pengasaman dan kolam anaerobik mengalami penumpukan <i>scum</i> , yang membutuhkan perawatan ekstra untuk dikendalikan	Penghilangan limbah <i>scum</i> di kolam WIPO ID   86460	<ul style="list-style-type: none"> <li>Metode yang lebih efektif untuk menghilangkan limbah <i>scum</i> yang terakumulasi</li> </ul>

Pencari	Lokasi	Tantangan Saat Ini	Kebutuhan	Hasil yang Diinginkan
Pabrik Kelapa Sawit 9	Kalimantan	Cangkang dan serat digunakan untuk pembangkit listrik tenaga biomassa sedangkan POME diolah menggunakan kolam terbuka	Memperbaiki instalasi pengolahan biogas dan biomassa WIPO ID   86459	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menciptakan produk bernilai tambah dari limbah pabrik seperti sistem POME menjadi listrik yang dikombinasikan dengan pembangkit listrik biomassa</li> </ul>
	Kalimantan	Mebutuhkan lebih banyak informasi terkait biogas dalam proses Bio-CNG dan opsi pemanfaatan Bio-CNG	Studi kelayakan Bio-CNG WIPO ID   86466	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menemukan teknologi yang sesuai untuk pengembangan proyek Bio-CNG di pabrik mereka</li> </ul>
Pabrik Kelapa Sawit 10	Kalimantan	Kolam limbah konvensional untuk pengolahan POME	Pengembang proyek pabrik biogas/Bio-CNG WIPO ID   86467	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menemukan teknologi yang sesuai untuk pengembangan proyek Bio-CNG di pabrik mereka</li> <li>Kerja sama dengan pengembang proyek dan investor lebih disukai</li> </ul>
Pabrik Kelapa Sawit 11	Kalimantan	Mebutuhkan dukungan teknis	Kajian awal potensi biogas WIPO ID   86471	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kajian potensi biogas dan kelayakan teknis serta finansial untuk pabrik mereka dengan dukungan lembaga hibah/donor</li> </ul>
	Jambi	Menemukan pilihan terbaik pemanfaatan pabrik biogas dan/ atau Bio-CNG	Penyedia teknologi POME untuk pabrik Bio-CNG dan pemanfaatannya WIPO ID   86468	<ul style="list-style-type: none"> <li>Studi kelayakan</li> <li>Kerja sama dengan penyedia teknologi untuk pengembangan proyek Bio-CNG di pabrik</li> </ul>
Pabrik Kelapa Sawit 12	Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua	Saat ini menggunakan kolam terbuka konvensional untuk pengolahan POME	Teknologi pengolahan dan pemanfaatan POME yang inovatif dan layak secara finansial WIPO ID   86469	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menghasilkan produk sampingan yang berharga atau membangkitkan energi dari fasilitas pengolahan POME</li> <li>Terbuka kerja sama dengan penyedia teknologi atau pengembang proyek</li> </ul>
Pabrik Kelapa Sawit 13	Sumatera	TKKS yang ada saat ini tidak diolah	Pengolahan TKKS yang terjangkau WIPO ID   86470	<ul style="list-style-type: none"> <li>Produk pengolahan TKKS yang dapat digunakan sebagai remediasi tanah atau ditingkatkan untuk memenuhi standar pupuk</li> </ul>



# Kontak Penyedia Teknologi dan Referensi Proyek

Teknologi	Referensi Proyek
Reaktor Pembangkit CH <sub>4</sub> oleh BPO <a href="http://www.bpo.rocketspark.co.nz">www.bpo.rocketspark.co.nz</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PT Gawi Makmur Kalimantan, Jorong Mill, 2x1,2 MWe, Kalimantan Selatan, 2017</li> <li>PT Gawi Makmur Kalimantan, Satui Mill, 2x1,2 MWe, Kalimantan Selatan, 2016</li> <li>PT Harapan Sawit Lestari (Cargill Tropical Palm), 2x625 kWe, Kalimantan Barat, 2015</li> </ul>
Bioreaktor Kolam Tertutup oleh PT Organics Bali <a href="http://www.organicsbali.com">www.organicsbali.com</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grup Sinarmas, Biogas untuk <i>co-firing boiler</i>, 3.000 Nm<sup>3</sup> biogas/jam, Kalimantan Tengah</li> <li>Tedco Agri Makmur, Biogas dari limbah pabrik singkong, 1.000 Nm<sup>3</sup> biogas/jam, Bandar Lampung Sumatera</li> <li>PT CAM, Biogas dari limbah pabrik singkong, 3.000 Nm<sup>3</sup> biogas/jam, Kendari, Sulawesi Tenggara</li> </ul>
<i>Scrubber</i> Biologis oleh BPO <a href="http://www.bpo.rocketspark.co.nz">www.bpo.rocketspark.co.nz</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PT Gawi Makmur Kalimantan, Jorong Mill, Kalimantan Selatan, 2017</li> <li>PT Gawi Makmur Kalimantan, Satui Mill, Kalimantan Selatan, 2016</li> <li>PT Harapan Sawit Lestari (Cargill Tropical Palm), Kalimantan Barat, 2015</li> </ul>
<i>Scrubber</i> Biologis oleh PT Elmoz Geo Solusi <a href="http://www.elmoz.co.id">www.elmoz.co.id</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PT Pasadena Biofuel Mandiri, Pembangkit listrik tenaga biogas menggunakan <i>scrubber</i> biologis biogas Elmoz, Riau, 2021 (Tahap <i>commissioning</i>)</li> </ul>
Sistem <i>Upgrading</i> Biogas dengan <i>Pressure Swing Adsorption</i> oleh Carbotech Gas Systems <a href="http://www.ct-gs.com">www.ct-gs.com</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pabrik <i>upgrading</i> sumur gas bumi di Bambu Besar, Jawa</li> </ul>
SEPURAN® <i>Green</i> oleh Evonik (SEA) Pte. Ltd. <a href="http://www.membrane-separation.com">www.membrane-separation.com</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PT Dharma Satya Nusantara, Pabrik Bio-CNG, Kalimantan Timur, 2020</li> </ul>
Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Biogas oleh PT GREE Services Indonesia <a href="http://www.gree-energy.com">www.gree-energy.com</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hamparan, Biogas dari limbah pabrik tepung tapioka, 3 MW-PPA ke PLN, Lampung Tengah Sumatera</li> </ul>

Teknologi	Referensi Proyek
<p>Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Biogas oleh PT Elmoz Geo Solusi www.elmoz.co.id</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PT Pasadena Biofuel Mandiri, pabrik penangkapan metana biogas, Riau, 2021 (Tahap <i>commissioning</i>)</li> <li>PT Swadaya Mukti Prakarsa (First Resources Group), Kalimantan Barat, 2020</li> <li>PT Sebaung Sawit Plantation, Sistem <i>digester</i>, Kalimantan Utara, 2019</li> <li>PT Perdana Inti Sawit Perkasa, Biogas kolam tertutup, Riau, 2019</li> <li>PT Sarana Titian Permata, Sistem <i>digester</i>, Kalimantan Tengah, 2019</li> <li>PT Mustika Sembuluh, Pembangkit Listrik Tenaga Biogas, Kalimantan Tengah, 2018</li> <li>PT Perkebunan Milano Pinang Awan, Pembangkit Listrik Tenaga Biogas, Sumatera Utara, 2018</li> <li>PT Mentaya Sawit Mas, Proyek biogas, Kalimantan Tengah, 2017</li> </ul>
<p>Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Biogas oleh PT Karya Mas Energi www.karyamasenergi.com</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pabrik biogas Semilar, Biogas untuk <i>co-firing boiler</i>, 2.700 Nm<sup>3</sup> biogas/jam, beroperasi pada 2017, Sampit Kalimantan Tengah</li> <li>Pabrik biogas Perdana, Biogas untuk pembangkit listrik dan <i>co-firing boiler</i>, 2x1.200 kWe dan 2.700 Nm<sup>3</sup> biogas/jam, beroperasi pada 2017, Sampit Kalimantan Tengah</li> <li>Pabrik biogas Pancasurya, Biogas untuk <i>co-firing boiler</i>, 1.500 Nm<sup>3</sup> biogas/jam beroperasi pada 2016, Riau Sumatera</li> <li>Pabrik biogas Meridan, Biogas untuk <i>co-firing boiler</i>, 1.500 Nm<sup>3</sup> biogas/jam beroperasi pada 2016, Riau Sumatera</li> <li>PT Perkebunan Nusantara II, pembangkit listrik tenaga biogas Kelapa Sawit, 1x1.065 kWe-PPA, beroperasi pada 2015, Langkat Sumatera Utara</li> <li>PT Perkebunan Nusantara V, pembangkit listrik tenaga biogas Tandun, 1.025 kWe+609 kWe, beroperasi pada November 2012, Riau Sumatera</li> </ul>
<p>Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Biogas oleh PT Ecody Agro Energi www.ecody.co.id</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PT Perkebunan Nusantara II - ESDM, PLTBg Pagar Merbau, 1x1 MWe, Sumatera Utara</li> <li>PLTBg Lamandau (proyek WIKA-EBTKE), 1x1 MWe, Kalimantan Tengah</li> <li>PLTBg Merangin (proyek WIKA-EBTKE), 1x1 MWe, Jambi</li> <li>PT Harapan Sawit Lestari (Cargill Tropical Palm), 2x625 kWe, Kalimantan Barat</li> <li>PT Gawi Makmur Kalimantan, Jorong Mill, 2x1,2 MWe, Kalimantan Selatan</li> <li>PT Gawi Makmur Kalimantan, Satui Mill, 2x1,2 MWe, Kalimantan Selatan</li> <li>PT Tapian Nadenggan (Grup Sinarmas), Biogas <i>retrofit digester</i> volume 60.000 m<sup>3</sup>, Kalimantan Tengah</li> <li>PT Perkebunan Nusantara V, Lubuk Dalam Mill, Biogas <i>co-firing boiler</i> 750 Nm<sup>3</sup>/jam, Riau</li> <li>PT Ivo Mas Tunggal (Grup Sinarmas), Desain dan pembangunan penyimpanan gas, Riau</li> <li>Studi kelayakan dan studi jaringan untuk beberapa pabrik</li> </ul>



Teknologi	Referensi Proyek
<p>Grup Raja Rafa Samudra (RRS) www.rajarafasamudra.com www.rajagas.com</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PT Dharma Satya Nusantara, Pabrik biogas dan Bio-CNG berkapasitas 2x600 kWe dan 300 Nm<sup>3</sup> biogas/jam ke pabrik <i>upgrading</i>, Kalimantan Timur, 2020</li> </ul>
<p>Microbe-Lift oleh PT Planetbiru Indonesia www.planetbiruindonesia.com</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PT NAM, Riau Sumatera</li> <li>PT SAS, Riau Sumatera</li> <li>PT MAS, Riau Sumatera</li> <li>PT SBS, Sumatera Selatan</li> <li>PT NJ, Sumatera Utara</li> <li>PT CCMO, Sumatera Utara</li> <li>PT CIP, Sumatera Utara</li> <li>PT SAM, Kalimantan Selatan: <i>Digester kick start</i></li> <li>PT SWP, Belitung Sumatera: CSTR dimulai kembali</li> </ul>
<p>Teknologi <i>Dewatering</i> Geotube® oleh TenCate Geosynthetics Asia Sdn. Bhd. www.tencategeo.asia/id</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gomali Mill, proyek penyedotan lumpur, Johor Malaysia</li> <li>Syarimo Mill, proyek penyedotan lumpur, Sabah Malaysia</li> <li>Genting Mewah Mill, pengurangan lumpur yang terkandung di efluen disertai sistem aerasi, Sabah Malaysia</li> <li>Genting Trushidup Mill, pengurangan lumpur yang terkandung di efluen disertai sistem aerasi, Sabah Malaysia</li> <li>Genting Tanjung Mill, pengurangan lumpur yang terkandung di efluen disertai sistem aerasi, Sabah Malaysia</li> <li>Pukin Mill, pengurangan lumpur yang terkandung di efluen disertai sistem aerasi, Pahang Malaysia</li> <li>Bukit Leelau Mill, pengurangan lumpur yang terkandung di efluen disertai sistem aerasi, Pahang Malaysia</li> <li>Pamol Kluang Mill, pengurangan lumpur yang terkandung di efluen disertai sistem aerasi, Johor Malaysia</li> <li>Mayvin Mill, pengurangan lumpur yang terkandung di efluen disertai sistem aerasi, Sabah Malaysia</li> </ul>
<p>Sistem Penanganan Lumpur C-tube oleh PT Elmoz Geo Solusi www.elmoz.co.id</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agro Nusa Investindo, aplikasi C-tube untuk POME, Kalimantan Barat, 2021</li> </ul>
<p><i>Green Mark Dewatering Press System</i> oleh Green Mark Projects Sdn. Bhd. www.greenmarkprojects.com</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lebih dari 200 proyek</li> <li>Kuala Lumpur Kepong (KLK), Wilmar International, Minamas Plantation, Genting Plantation, dll.</li> </ul>
<p>Sistem Dekomposisi Aerobik TKKS oleh PT Indmira www.indmira.com</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PT Garuda Bumi Perkasa, Lampung Sumatera</li> <li>PT Bumi Mekar Tani, mengolah sekitar 189 ton TKKS/hari dari 800–900 ton TBS/hari, Sumatera Selatan</li> </ul>
<p>Solusi Bio-organik Pengomposan dan Perkebunan oleh Vata VM Synergy (M) Sdn. Bhd. www.vata-vm.com</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fasilitas produksi pengomposan terbuka dan tertutup terintegrasi di pabrik 45 ton per jam, 2.000 MT kompos/bulan, Kuala Kangsar Perak Malaysia, 2014</li> </ul>

Teknologi	Referensi Proyek
Produksi <i>Biochar</i> oleh Balai Penelitian Lingkungan Pertanian (Balingtan) <a href="http://www.balingtan.litbang.pertanian.go.ed/ind">www.balingtan.litbang.pertanian.go.ed/ind</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistem Integrasi Tanaman Ternak Balingtan, kapasitas produksi <i>biochar</i> 15 kg dari bahan baku 30 kg dan <i>digester</i> bervolume 2 m<sup>3</sup>, Pati–Jawa Tengah</li> </ul>
Produksi Protein Sel Tunggal (SCP) oleh iCell Sustainable Nutrition Co., Ltd. <a href="http://www.icellsustainable.com">www.icellsustainable.com</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PT TH Indo Plantations, produksi SCP 1.000 MT/tahun, Riau, 2018</li> </ul>
Pembangkit Listrik Tenaga Hidrogen oleh HDF Energy <a href="http://www.hdf-energy.com">www.hdf-energy.com</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Fuel cell</i> hidrogen berdaya tinggi 1 MWe, produksi listrik dari produk sampingan hidrogen dari kilang, Martinique–Perancis, 2019</li> </ul>
<i>Scrubber</i> Biologis oleh PT Organics Bali <a href="http://www.organicsbali.com">www.organicsbali.com</a> <a href="http://www.organics2s.com">www.organics2s.com</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tedco Agri Makmur, Lampung</li> <li>• PT CAM, Kendari</li> <li>• SPM1 dan SPM2, Lampung</li> </ul>
<i>Upgrading</i> & Distribusi Biogas oleh Safe S.p.A <a href="http://www.safegas.it">www.safegas.it</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PT Dharma Satya Nusantara, pabrik Bio-CNG, 300 Nm<sup>3</sup>/jam, Kalimantan Timur</li> </ul>
<i>Scrubber</i> Biologis oleh Biogasclean A/S <a href="http://www.biogasclean.com">www.biogasclean.com</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pabrik biogas 1 &amp; pabrik biogas 2 Sinar Pematang Mulia, Biogas dari tapioka, 2.400 Nm<sup>3</sup>/jam, 2.000 ppm H<sub>2</sub>S, Lampung</li> <li>• Pabrik biogas 1 &amp; pabrik biogas 2 Muara Jaya, Biogas dari tapioka, 1.000 Nm<sup>3</sup>/jam &amp; 2.400 Nm<sup>3</sup>/jam, 1.500 ppm H<sub>2</sub>S, Lampung</li> <li>• Pabrik biogas Austindo Aufwind New Energy 600 Nm<sup>3</sup>/jam, 3.000 ppm H<sub>2</sub>S, Belitung</li> <li>• Pabrik biogas Rama-Rama, Biogas dari POME, 1.000 Nm<sup>3</sup>/jam, 3.000 ppm H<sub>2</sub>S, Riau</li> <li>• Pabrik biogas Libo, Biogas dari POME, 1.000 Nm<sup>3</sup>/jam, 3.000 ppm H<sub>2</sub>S, Riau</li> <li>• Grup Asian Agri (7 pabrik biogas), Biogas dari POME, 1.000 Nm<sup>3</sup>/jam, 3.500 ppm H<sub>2</sub>S, Sumatera Utara, Riau &amp; Jambi</li> <li>• Grup Asian Agri (3 pabrik biogas), Biogas dari POME, 1.500 Nm<sup>3</sup>/jam, 3.500 ppm H<sub>2</sub>S, Sumatera Utara &amp; Riau</li> <li>• Pabrik biogas Perdana, Biogas dari POME, 1.200 Nm<sup>3</sup>/jam, 3.000 ppm H<sub>2</sub>S, Kalimantan Tengah</li> <li>• Pabrik biogas Agromuko, Biogas dari POME, 1.000 Nm<sup>3</sup>/jam, 3.000 ppm H<sub>2</sub>S, Bengkulu</li> <li>• Pabrik biogas Hampanan, Biogas dari limbah pabrik tepung tapioka, 3 MW-PPA ke PLN, Lampung Tengah Sumatera</li> <li>• Pabrik biogas Swadaya Mukti Prakarsa, Biogas dari POME, 1.200 Nm<sup>3</sup>/jam, 3.000 ppm H<sub>2</sub>S, Kalimantan Barat</li> <li>• Pabrik biogas Gunung Kawi, Biogas dari kotoran sapi, 600 Nm<sup>3</sup>/jam, 2.000 ppm H<sub>2</sub>S, Jawa Timur</li> </ul>

# Referensi

- 1 World Wildlife Fund. (2021): *Which everyday products contain palm oil?* <https://www.worldwildlife.org/pages/which-everyday-products-contain-palm-oil>. diakses pada 29 Agustus 2021.
- 2 Tullis, Paul. (2021): *How the World Got Hooked on Palm Oil.* CSPO: [thecspo.org/how-the-world-got-hooked-on-palm-oil/](https://thecspo.org/how-the-world-got-hooked-on-palm-oil/).
- 3 United States Department of Agriculture. (2019): *Palm oil explorer.* [https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/cropview/commodityView.aspx?cropid=4243000&sel\\_year=2019](https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/cropview/commodityView.aspx?cropid=4243000&sel_year=2019) diakses pada 12 Juli 2021.
- 4 Sawe, Benjamin Elisha. (2018): *Top palm oil producing countries in the world.* WorldAtlas. [www.worldatlas.com/articles/top-palm-oil-producing-countries-in-the-world.html](http://www.worldatlas.com/articles/top-palm-oil-producing-countries-in-the-world.html).
- 5 Subdirektorat Statistik Tanaman Perkebunan. (2019): *Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2019.* Badan Pusat Statistik Indonesia.
- 6 Asia-Pacific Economic Cooperation (APEC) dan Winrock International. (2017): *Strategy for large-scale implementation of biogas capture from palm oil mill effluent (POME) and reuse for renewable electricity generation.* APEC Secretariat.
- 7 Winrock International. (2015): *Buku Panduan Konversi POME Menjadi Biogas.* Winrock International dengan dukungan dari USAID.
- 8 Asia-Pacific Economic Cooperation (APEC) and Winrock International. (2017): *Strategy for large-scale implementation of biogas capture from palm oil mill effluent (POME) and reuse for renewable electricity generation.* APEC Secretariat.
- 9 International Sustainability and Carbon Certification (ISCC). (2021): *Guidance document for the audit of wastes and residues from palm oil mills.* ISCC.
- 10 Chin, May Ji, et al. (2013): *Biogas from palm oil mill effluent (POME): opportunities and challenges from Malaysia's perspective.* *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 26, 717-726.
- 11 Enström, Annamari, et. al. (2018): *Introducing a new GHG emission calculation approach for alternative methane reduction measures in the wastewater treatment of palm oil mill.* *Environ Dev Sustain.* DOI: 10.1007/s10668-018-0181-4.
- 12 Brinkmann Consultancy. (2009): *Greenhouse gas emissions from palm oil production.* <https://www.rspo.org/files/project/GreenHouse.Gas.Working.Group/Report-GHG-October2009.pdf>.
- 13 Winrock International. (2015): *Resource assessment for livestock and agro-industrial wastes-Indonesia.* Global Methane Initiative
- 14 Von Sperling, Marcos, dan Chernicharo, Carlos Augusto de Lemos. (2006): *Anaerobic Reactor.* IWA Publishing
- 15 Winrock International. (2015): *Buku Panduan Konversi POME Menjadi Biogas.* Winrock International dengan dukungan dari USAID.
- 16 Pacific Partnership. *What is BOOT.* <https://www.pacificpartnerships.com.au/en/about-us/pacific-partnerships/what-is-boot> diakses pada 30 Agustus 2021.
- 17 Delmon, J. (2018): *Public-Private Partnership Projects in Infrastructure.* Cambridge University Press, Edisi Kedua.
- 18 International Sustainability and Carbon Certification (ISCC) 205 (2016): *Greenhouse gas emissions. Version 3.0.* ISCC.
- 19 Proyek CIRCLE USAID, Winrock International, data 2015-2016.
- 20 Nasrin, Abu Bakar, et al. (2018): *Production of bio-compressed natural gas (bio-CNG) in palm oil mills.* *Palm Oil Engineering Bulletin* No. 126.
- 21 Bordelanne, Olivier, et al. (2011): *Biomethane CNG hybrid: A reduction by more than 80% of the greenhouse gases emissions compared to gasoline.* *Journal of Natural Gas Science and Engineering* 3.5: 617-624.
- 22 Li, Wenyan. (2014): *Risk assessment of power systems: models, methods, and applications.* John Wiley & Sons.
- 23 Rupani, Parveen Fatemeh, et al. (2010): *Review of current palm oil mill effluent (POME) treatment methods: vermicomposting as a sustainable practice.* *World Applied Sciences Journal* 11.1: 70-81.
- 24 Spears, S. (October 2018): *What is Biochar?* Regeneration International. <https://regenerationinternational.org/2018/05/16/what-is-biochar/>.
- 25 Krishnan Y, et. al. (2016): *Co-composting of palm empty fruit bunch and palm oil mill effluent: Microbial diversity and potential gas emissions.* *Journal of Cleaner Production.* DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.08.118.
- 26 Norfadilah, N., Raheem, A., & Harun, R. (2016): *Bio-hydrogen production from palm oil mill effluent (POME): A preliminary study.* *International Journal of Hydrogen Energy*, 41(28), 11960-11964.
- 27 The World Bank. (2020): *Green hydrogen in developing countries.* World Bank Publications.
- 28 Zhemin Du, et. al. (2021): *A review of hydrogen purification technologies for fuel cell vehicles.* *Journal of Catalysts*, 11, 393, MDPI.





**WIPO GREEN**  
The Marketplace  
for Sustainable Technology



**WINROCK**  
INTERNATIONAL