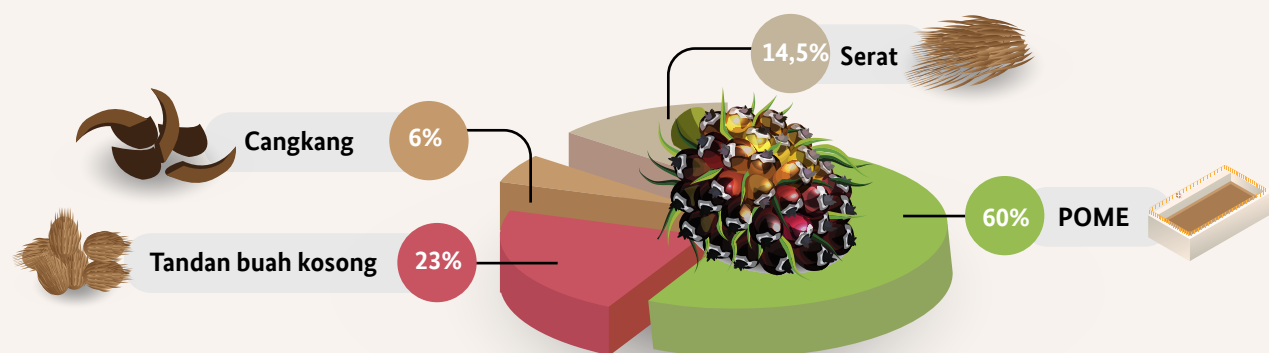
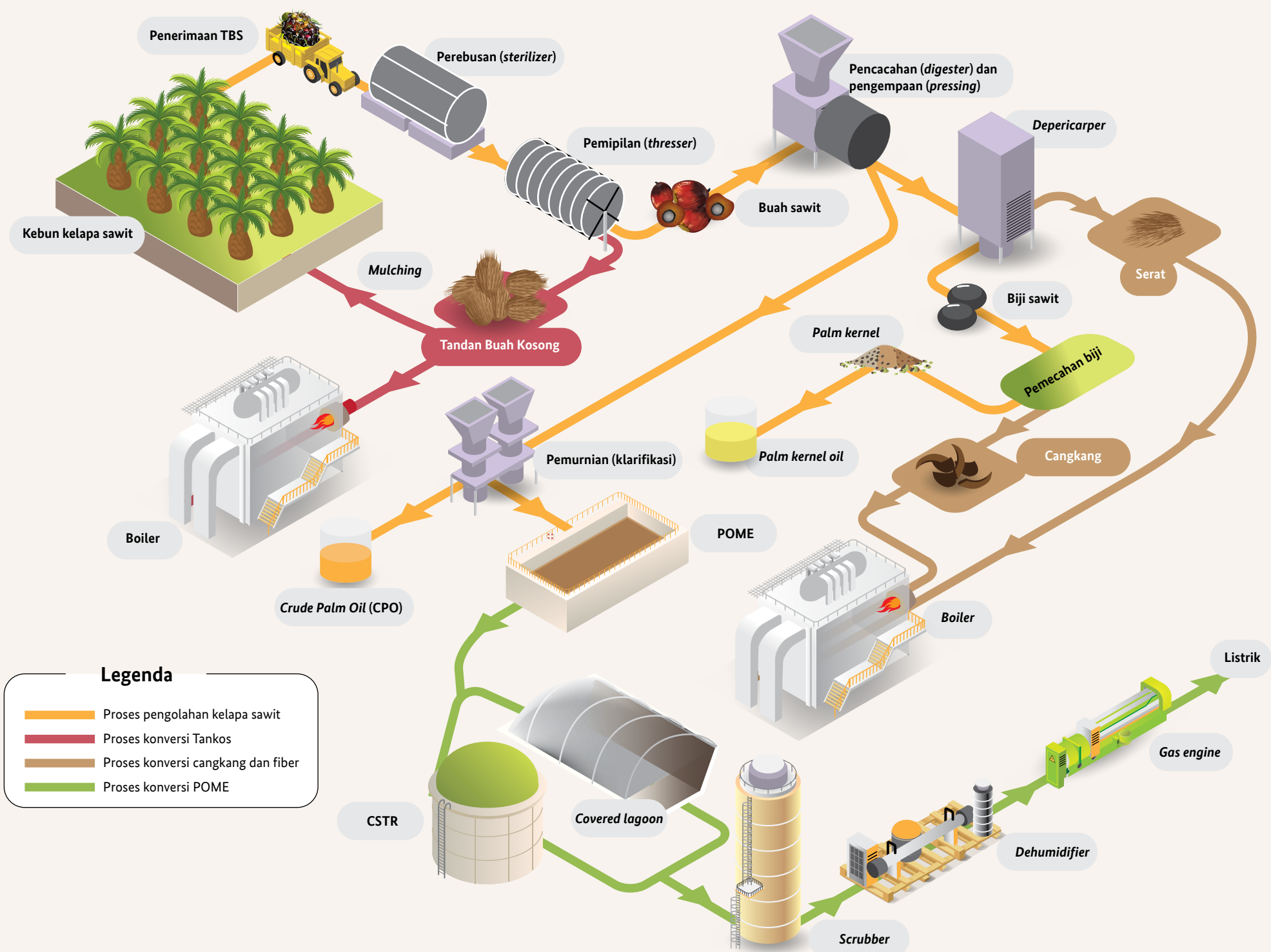


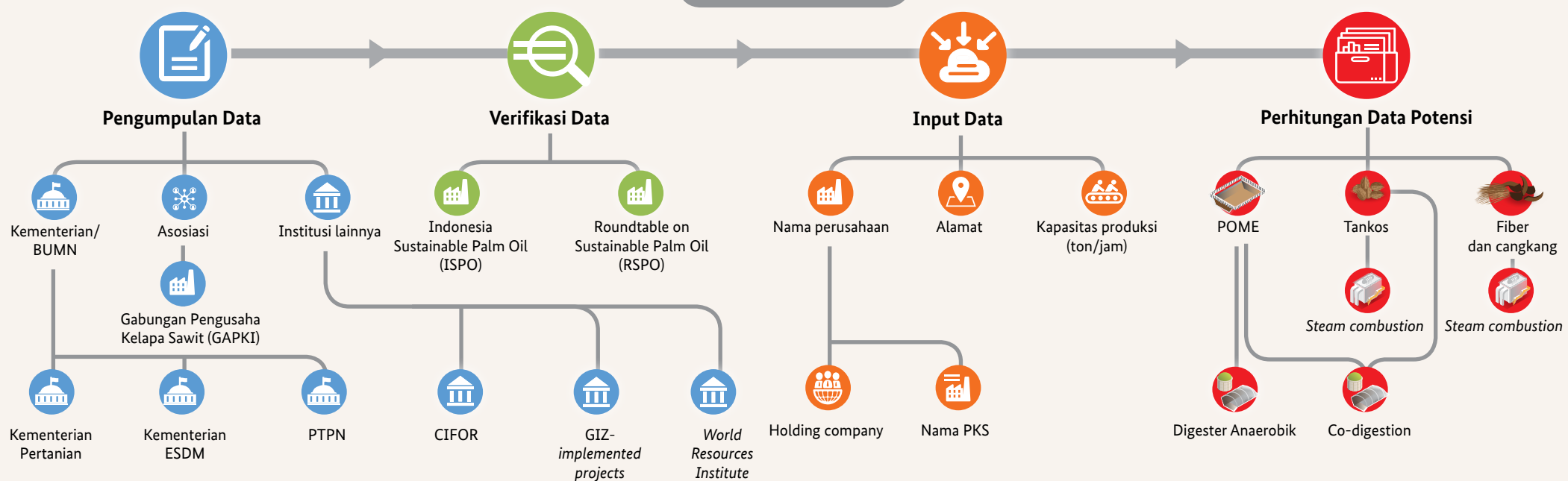
Potensi Energi Terbarukan dari Limbah Pabrik Kelapa Sawit



Proses Pengolahan Kelapa Sawit



Metodologi



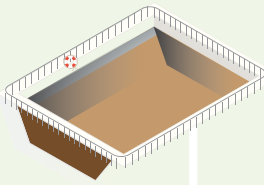
PERHITUNGAN POTENSI KAPASITAS TERPASANG PEMBANGKIT LISTRIK BERBASIS LIMBAH KELAPA SAWIT

Limbah Cair Kelapa Sawit (POME)

Dua jenis teknologi konversi limbah cair kelapa sawit ke energi, sebagai berikut :

1. Digester Anaerobik

Teknologi ini melibatkan proses biologi yang berlangsung oleh bakteri anaerobik tanpa oksigen (oksigen atmosfer) untuk menguraikan zat organik sehingga menghasilkan biogas. Ada dua (2) jenis digester anaerobik yang umum di Indonesia, yaitu : *covered lagoon* dan CSTR



DIGESTER ANAEROBIK

$$[1] \text{ Produksi POME per hari (m}^3 \text{ POME/hari)} = \frac{x \cdot a \cdot b}{c}$$

x Kapasitas PKS (Ton TBS/Jam)
a Rasio POME dengan TBS = 0,65 m³ POME/ton TBS¹⁾
b Total jam operasional PKS = 5.000 jam/tahun
c Total hari operasional PKS = 300 hari/tahun

$$[2] \text{ COD loading (kg COD/day)} = \frac{[1] \cdot d \cdot e}{f}$$

d Konsentrasi COD = 62.500 mg/liter²⁾
e Konversi m³ ke liter = 1.000 liter/m³
f Konversi mg ke kg = 10⁻⁶ mg/kg

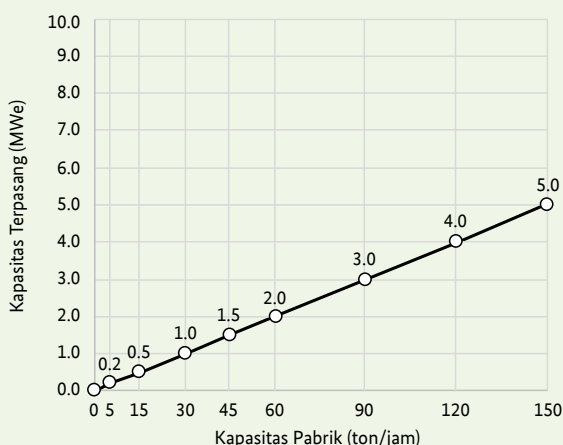
$$[3] \text{ Produksi Metana (Nm}^3 \text{CH}_4 \text{/hari)} = [2] \cdot g \cdot h$$

g Konversi COD ke metana = 0,9
h Ratio metana ke COD = 0,35 Nm³ CH₄/kg COD

$$[4] \text{ Potensi Kapasitas Terpasang (MWe)} = \frac{[3] \cdot i \cdot j}{k}$$

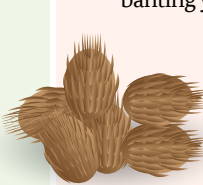
i Nilai energi dari metana = 35,7 MJ/Nm³ CH₄
j Efisiensi *gas engine* = 38%
k Konversi hari ke detik = 86.400

Potensi Kapasitas Terpasang dari Teknologi Digester Anaerobik untuk POME



2. Co-digestion tankos dengan POME

Teknologi ini belum di implementasikan secara umum di Indonesia. Teknologi ini dinilai akan menjadi pengembangan pemanfaatan limbah cair kelapa sawit dan tandan buah kosong. Teknologi ini telah terbukti di negara-negara Eropa, misalnya co-digestion kotoran sapi dengan limbah pertanian atau tanaman energi.



CO-DIGESTION TANKOS DENGAN POME

$$[1] \text{ Produksi Tankos per tahun (ton Tankos/tahun)} = x \cdot a \cdot b \cdot c$$

x Kapasitas PKS (Ton TBS/Jam)
a Total jam operasional PKS = 5.000 jam/tahun
b Total hari operasional PKS = 300 hari/tahun
c Rasio Tankos ke TBS = 0,23 ton Tankos/ton TBS³⁾

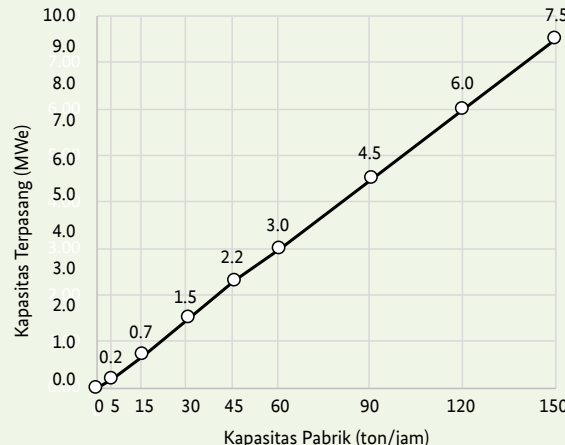
$$[2] \text{ Produksi Metana (Nm}^3 \text{CH}_4 \text{/hari)} = [1] \cdot d$$

d Produksi metana = 82,7 Nm³ CH₄/ton Tankos⁴⁾

$$[3] \text{ Potensi Kapasitas Terpasang (MWe)} = \frac{[2] \cdot e \cdot f}{g}$$

e Nilai energi dari metana = 35,7 MJ/Nm³ CH₄
f Efisiensi *gas engine* = 38%
g Konversi hari ke detik = 86.400 detik/hari

Potensi Kapasitas Terpasang dari Teknologi Co-Digestion untuk Tankos dengan POME



Tandan Kosong Sawit (Tankos)

Salah satu proses produksi minyak mentah kelapa sawit adalah pelepasan buah sawit dari tandan buah sawit menggunakan mesin banting yang menghasilkan tandan kosong sawit. Pada praktik di lapangan, tankos dikembalikan ke lahan perkebunan sebagai pupuk. Guna menghitung potensi energi yang dihasilkan dari tankos, asumsi perhitungan dilakukan dengan menggunakan teknologi *steam combustion*, walaupun teknologi *steam combustion* untuk tankos masih dalam tahap pengembangan.

STEAM COMBUSTION

$$[1] \text{ Produksi tankos per tahun (ton Tankos/tahun)} = x \cdot a \cdot b \cdot c$$

x Kapasitas PKS (ton TBS/jam)
a Total jam operasional PKS = 5.000 jam/tahun
b Total hari operasional PKS = 300 hari/tahun
c Rasio Tankos ke TBS = 0,23 ton Tankos/ton TBS

$$[2] \text{ Produksi Listrik (kWh/tahun)} = [1] \cdot d \cdot e$$

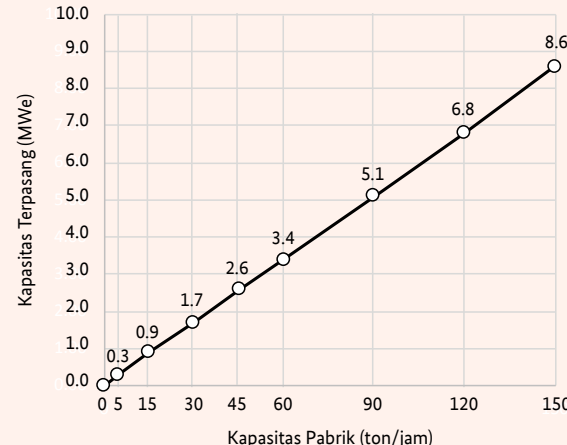
d Konversi 1 kg tankos ke kWh = 1,4 kWh/kg Tankos⁵⁾
e Konversi ton ke kg = 1.000 kg/ton

$$[3] \text{ Potensi Kapasitas Terpasang (MWe)} = \frac{[2] \cdot f \cdot g}{h}$$

f Efisiensi pembakaran biomassa = 25%
g Konversi kW ke MW = 1.000 kW/MW
h Total jam boiler burner beroperasi = 7.000 jam / tahun

! Dalam melakukan perhitungan potensi produksi energi dari Tankos, ada beberapa asumsi yang perlu disampaikan :
1. Co-digestion tankos dengan POME
2. Pembakaran tankos
Untuk teknologi konversi tankos di atas, kita asumsikan tidak ada pemanfaatan tankos lain seperti *mulching* dan *composting*

Potensi Kapasitas Terpasang dari Teknologi Steam Combustion untuk Tankos



Cangkang dan Fiber



Pada umumnya, fiber dan cangkang dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler, dimana uap yang dihasilkan dapat menggerakkan turbin sehingga menghasilkan energi yang digunakan untuk proses pengolahan kelapa sawit. Namun, PKS cenderung menggunakan seluruh fiber dan sebagian cangkang untuk bahan bakar boiler. Jika PKS memiliki PLTBg, biogas dimanfaatkan menjadi bahan bakar boiler, sehingga sisa cangkang dapat dijual kepada pihak ketiga.

$$[1] \text{ Potensi kapasitas terpasang dari fiber (MWe)} = \frac{[1a] \cdot d \cdot e \cdot f}{g}$$

e Konversi Kg cangkang ke kWh = 3,9 kWh/kg
f Konversi MW ke kW = 1.000
g Efisiensi pembakaran biomassa = 25%
h Total jam boiler beroperasi dalam setahun = 7.000 jam/tahun

$$[2] \text{ Potensi Kapasitas Terpasang dari Cangkang (MWe)} = \frac{[2a] \cdot h \cdot e \cdot f}{g}$$

e Konversi Kg cangkang ke kWh = 5,0 kWh/kg⁷⁾
f Konversi MW ke kW = 1.000
g Efisiensi pembakaran biomassa = 25%
h Total jam boiler beroperasi dalam setahun = 7.000 jam/tahun

$$[3] \text{ Total Potensi Kapasitas Terpasang Fiber dan Cangkang (MWe)} = [1] + [2]$$

$$[4] \text{ Konsumsi energi PKS (kW)} = x \cdot i$$

x Kapasitas PKS (Ton TBS/Jam)
i Konsumsi listrik PKS = 19 kWh/ton TBS⁹⁾

$$[5] \text{ Total Potensi Kapasitas Terpasang untuk Pemanfaatan} = [3] - [4]$$

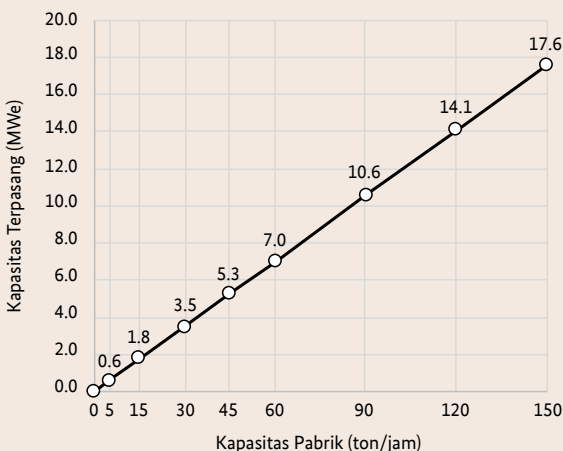
$$[1a] \text{ Produksi fiber (ton/tahun)} = x \cdot a \cdot b$$

x Kapasitas PKS (ton TBS/Jam)
a Rasio fiber ke TBS = 0,12 ton fiber/ton TBS³⁾
b Total jam PKS beroperasi = 5.000 jam/tahun

$$[2a] \text{ Produksi cangkang (ton/tahun)} = x \cdot c \cdot b$$

x Kapasitas PKS (Ton TBS/Jam)
c Rasio cangkang ke TBS = 0,06 ton cangkang/ton TBS⁸⁾

Potensi Kapasitas Terpasang dari Teknologi Steam Combustion untuk Cangkang dan Fiber



! Perhitungan di bawah menggunakan beberapa asumsi sebagai berikut :

Semua fiber dan cangkang yang diproduksi PKS diproses dengan teknologi pembakaran.

Semua cangkang dimanfaatkan di PKS (tidak dijual kepada pihak ketiga).

Kontributor:
Vegaswarasti Kumala
Windri Aji Brata
Iqbal Ilham

Tata Letak/Desain:
Fredy Susanto

REFERENSI :

- 1) Saidu, M., Yuzi, A., Salim, M.R., Salmiati, Azman, S. & Abdullah. (2013). Influence of palm oil mill effluent as inoculum on anaerobic digestion of cattle manure for biogas production. *Bioresource Technology* 141, 174–176
- 2) Madaki, Y.S. & Lau Seng. (2013). Palm Oil Mill Effluent (POME) from malaysia palm oil mills: waste or resource. *International Journal of Science, Environment and Technology* Vol 2 No. 6, 1138 - 1155
- 3) Trisakti, B., Mhardela, P., Husaini, T., Irvan, & Daimon, H. (2018). Production of oil palm empty fruit bunch compost for ornamental plant cultivation. *Materials Science and Engineering* 309
- 4) Thong, S., Boe, K. & Angelidaki, I. (2012). Thermophilic anaerobic co-digestion of oil palm empty fruit bunches with palm oil mill effluent for efficient biogas production. *Applied Energy* 93, 648 - 654
- 5) 1.200 kCal/kg, kadar air 65% 6) 3.340 kCal/kg 7) 4.300 kCal/kg 8) Hasanudin, U. Sugiharto, R. Haryanto, A., Setiadi, T., & Fujie, K. (2015). Palm oil mill effluent treatment and utilisation to ensure the sustainability of palm oil industries. *Water Science and Technology* 9) Parinduri, L. (2016). Analisa pemanfaatan biomassa pabrik kelapa sawit untuk sumber pembangkit listrik. Universitas Islam Sumatera Utara: Medan