

# **PRAKTEK-PRAKTEK OPERASI PABRIK BERBASIS PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN PADA INDUSTRI PENGOLAHAN KELAPA SAWIT**

**Ridzky Kramanandita**  
Politeknik STMI Jakarta

## **ABSTRAK**

Industri kelapa sawit dikenal sebagai satu industri yang secara signifikan memberi kontribusi terhadap pertumbuhan ekonomi Indonesia. Meskipun demikian, industri ini juga menghasilkan limbah yang besar. Pada saat ini, permasalahan lingkungan telah menjadi isu global, termasuk dalam lingkungan industri kelapa sawit. Muncul banyak tuduhan bahwa pabrik-pabrik kelapa sawit telah menciptakan masalah lingkungan karena besarnya limbah yang dibuang ke lingkungan. Untuk tetap kompetitif, industri kelapa sawit di Indonesia perlu memenuhi standar kualitas melalui konsep pembangunan berkelanjutan. Perkembangan industri kelapa sawit harus dibarengi dengan perkembangan pengetahuan pengelolaan lingkungan. Industri ini memproduksi biomassa dalam jumlah yang besar; TBK, serat, dan cangkang sawit. Dengan biomassa yang besar ini, industri ini memiliki potensi untuk menghasilkan produk-produk lain yang bernilai tambah. Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi dan menganalisis proses-proses yang diperlukan untuk mengolah TBS menjadi CPO; mengidentifikasi dan menganalisis neraca energi pada proses pengolahan TBS menjadi CPO; dan mengidentifikasi dan menganalisis alternatif-alternatif pemanfaatan limbah yang dihasilkan dari proses pengolahan TBS menjadi CPO.

(Kata kunci: industri kelapa sawit, pembangunan berkelanjutan, pemanfaatan limbah).

## **ABSTRACT**

Palm oil industry is known as an industry that significantly contributes to the national economic growth. Nonetheless, the industry also produces a great waste. At this time, environmental issues have become a global issue, including within the palm oil industry. There is accusation that palm oil mills has created environmental problems due to the amount of contaminated waste discharged into the environment. To remain competitive, the industry need to meet quality standards through the implementation of sustainable development approach. Palm oil industry development should be coupled with knowledge development of environmental management. The industry currently produces biomass in a large quantity; TBK, fiber, and shells. With this large biomass, the industry has a potential to produce value-added by products. The aim of this study is to identify and analyze the processes required to treat TBS become a CPO; to identify and analyze the energy balance on TBS become a CPO processing; and to identify and analyze alternatives utilization of wastes resulting from the processing of TBS into CPO.

(Keywords: palm oil industry, sustainable development, utilization of waste).

## **1. PENDAHULUAN**

Minyak kelapa sawit mentah (untuk selanjutnya disebut CPO) merupakan penyumbang terbesar bagi perdagangan minyak nabati global. Produksi minyak sawit berkembang pada tingkat sekitar 8% per tahun. Pangsa pasar minyak sawit diperkirakan akan mencapai 30% dari total penawaran minyak nabati pada tahun 2015 (Rincon et al., 2014). Indonesia merupakan produsen minyak sawit terbesar di dunia, diikuti oleh Malaysia ditempat kedua (Nipattummakul et al., 2012).

Secara umum diakui bahwa industri kelapa sawit dikenal sebagai industri pertanian yang secara signifikan memberi kontribusi positif terhadap pertumbuhan ekonomi nasional suatu negara. Meskipun demikian, pengoperasian pabrik-pabrik kelapa sawit (untuk selanjutnya disebut PKS) juga menghadapi beberapa permasalahan. Permasalahan utama adalah tudingan dari beberapa pihak yang menyatakan bahwa industri kelapa sawit adalah jenis industri yang berkontribusi besar terhadap kerusakan lingkungan dan pemanasan global (Chin et al., 2013; Hayashi, 2007). Hal ini terkait dengan besarnya jumlah limbah yang dihasilkan dari pengolahan CPO, baik limbah padat maupun limbah cair (Gobi & Vadivelu, 2013). Oleh karenanya, PKS dituntut untuk mampu mengelola limbahnya sesuai dengan prinsip-prinsip pembangunan industri yang berkelanjutan (Yoshizaki et al., 2013).

Permasalah kedua adalah terkait dengan kebutuhan energi bagi PKS dan cara pemenuhannya. Industri kelapa sawit merupakan salah satu jenis industri yang mengkonsumsi banyak energi. Energi merupakan input penting untuk memproses TBS menjadi CPO. Dengan meningkatnya biaya bahan bakar dan terbatasnya pasokan energi, PKS dituntut untuk mampu meningkatkan efisiensi penggunaan energi melalui konservasi energi (Jekayinfa et al., 2014).

Terdapat banyak PKS di Indonesia. Namun demikian, tidak banyak informasi yang tersedia, terkait dengan kinerja masing-masing pabrik CPO dari perspektif keseimbangan material. Padahal, setiap pabrik CPO seharusnya memiliki informasi tentang keseimbangan material. Tampaknya, hal ini dianggap rahasia dan tidak terbuka untuk umum sehingga kinerja PKS Indonesia tidak banyak dianalisis dalam literatur akademik (Hayashi, 2007). Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi dan menganalisis proses-proses yang diperlukan untuk mengolah TBS menjadi CPO;

mengidentifikasi dan menganalisis neraca energi pada proses pengolahan TBS menjadi CPO; dan mengidentifikasi dan menganalisis alternatif-alternatif pemanfaatan limbah yang dihasilkan dari proses pengolahan TBS menjadi CPO.

## **2. LANDASAN TEORI**

### **2.1 Gambaran Umum Industri Kelapa Sawit**

Minyak kelapa sawit merupakan penyumbang terbesar bagi perdagangan minyak nabati global. Produksi minyak sawit berkembang pada tingkat sekitar 8% per tahun. Pangsa pasar minyak sawit diperkirakan akan mencapai 30% dari total penawaran minyak nabati pada tahun 2015 (Rincon et al., 2014). Indonesia merupakan produsen minyak sawit terbesar di dunia, diikuti oleh Malaysia ditempat kedua (Nipattummakul et al., 2012). Secara bersama-sama, Indonesia dan Malaysia memberikan kontribusi lebih dari 85% produksi minyak sawit global. Negara-negara lain seperti Thailand, Brasil, Nigeria, Kolombia, Brazil, Ekuador, Honduras, Kosta Rika, dan Venezuela memberikan kontribusi kurang dari 15% terhadap produksi minyak sawit global (Ludin et al., 2014). Diperkirakan, produksi gabungan Indonesia dan Malaysia akan mencapai 70 juta ton pada 2019 (Rincon et al., 2014).

Industri kelapa sawit dikenal sebagai industri pertanian yang secara signifikan memberi kontribusi positif terhadap pertumbuhan ekonomi suatu negara. Meskipun pembangunan industri kelapa sawit telah mendorong peningkatan perekonomian nasional, industri ini juga menghasilkan limbah yang besar (Chin et al., 2013). Dalam beberapa tahun terakhir, permasalahan lingkungan telah menjadi isu global, termasuk dalam lingkungan industri kelapa sawit. Muncul banyak tuduhan bahwa pabrik-pabrik kelapa sawit telah menciptakan masalah lingkungan karena besarnya bahan limbah tercemar yang dibuang ke lingkungan (Yoshizaki et al., 2013).

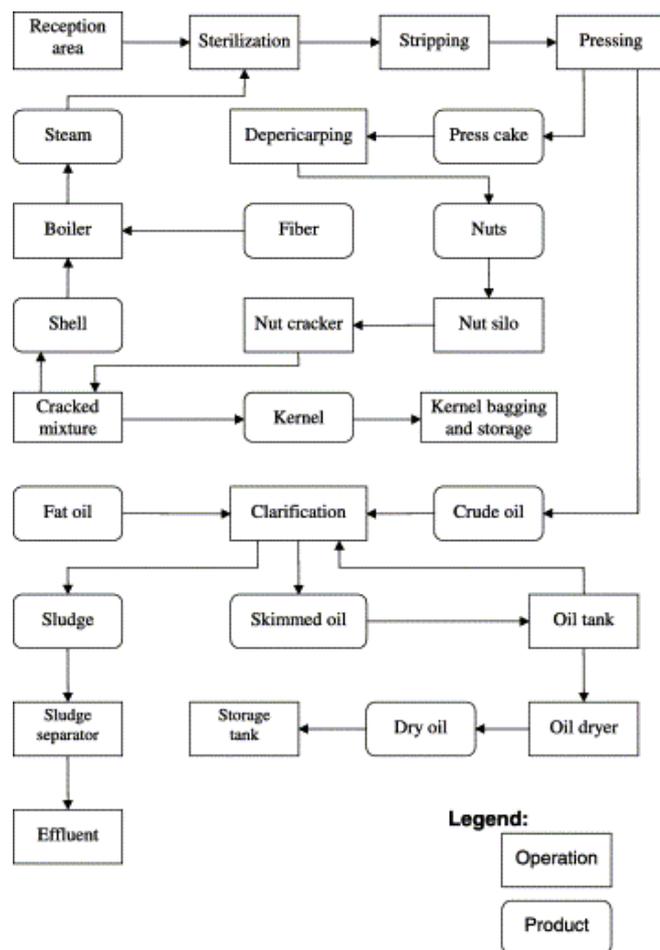
Untuk tetap kompetitif, industri kelapa sawit perlu berjuang untuk memenuhi standar kualitas dan pelestarian lingkungan melalui pembangunan berkelanjutan dan pendekatan teknologi bersih. Perkembangan pesat dalam industri kelapa sawit harus dibarengi dengan perkembangan pengetahuan dan ketrampilan pengelolaan lingkungan (Yusof, 2006). Air buangan dari pabrik kelapa sawit (POME) adalah residu organik paling tercemar yang dihasilkan suatu pabrik kelapa sawit. POME mempunyai

kandungan organik yang tinggi, terutama minyak dan asam lemak, dan mendukung pertumbuhan bakteri (Baharudin et al., 2010). Yoshizaki et al. (2013) mengemukakan bahwa POME ini dianggap sebagai kontributor utama emisi *green house gas* (GHG) yang terdiri dari metana dari sistem pengolahan kolam terbuka.

Industri kelapa sawit saat ini memproduksi biomassa dalam jumlah yang sangat besar. Jenis biomassa yang dihasilkan dari industri kelapa sawit antara lain adalah TBK, serat, dan cangkang kelapa sawit. Dengan biomassa yang besar ini, industri kelapa sawit memiliki potensi untuk memanfaatkan biomassa secara efisien dan efektif untuk produk-produk dengan nilai tambah lainnya. Saat ini, sudah tersedia berbagai teknologi yang dapat diterapkan untuk mengkonversi biomassa kelapa sawit menjadi berbagai jenis produk yang bernilai tambah (Shuit et al., 2009).

## **2.2 Proses Produksi Minyak Sawit Mentah (CPO)**

Secara umum, proses pengolahan TBS minyak sawit menjadi minyak sawit mentah (CPO) dapat dikategorikan menjadi proses basah dan proses kering. Proses basah merupakan proses yang saat ini paling umum digunakan oleh pabrik pengolahan CPO (Wu et al., 2009). Proses ini disebut proses basah karena banyaknya air yang diperlukan untuk mengolah TBS minyak sawit menjadi CPO. Diperkirakan bahwa untuk menghasilkan satu ton CPO adalah diperlukan air sebanyak 5 - 7,5 ton air. Dalam proses basah ini, air diperlukan untuk menghilangkan kotoran dan sterilisasi pada berbagai tahapan proses (Ahmed et al., 2003). Penelitian ini adalah fokus pengolahan TBS minyak sawit menjadi CPO dengan menggunakan proses basah. Gambar 1 menunjukkan beberapa proses utama yang umum digunakan pada pabrik minyak sawit (Mahlia et al., 2001).



Gambar 1. Diagram alir proses ekstrasi minyak sawit (Sumber: Mahlia et al., 2001)

## Penerimaan

TBS kelapa sawit yang dipetik di kebun kelapa sawit diangkut secepatnya ke pabrik untuk diproses. Berbagai sistem transportasi perlu digunakan untuk membawa TBS kelapa sawit ke pabrik (Amelia et al., 2009). Begitu sampai di pabrik, TBS kelapa sawit diletakan dalam suatu tempat penimbunan (*loading ramp*) dan kemudian ditransfer ke stasiun sterilizer dalam lori-lori (*fruits cages*). Pengiriman dan penanganan TBS kelapa sawit harus dilakukan secara hati-hati agar TBS kelapa sawit tidak rusak. TBS kelapa sawit yang rusak akan menghasilkan minyak sawit berkualitas rendah karena naiknya kandungan asam lemak bebas (Ahmed et al., 2014).

### **Sterilisasi.**

Setelah dimasukkan ke lori-lori sterilizer, TBS kelapa sawit disterilisasi dengan uap panas selama 75 - 90 menit pada temperatur sekitar 140<sup>0</sup> C (Ahmed et al., 2014). Wu et al. (2009) menambahkan bahwa proses sterilisasi perlu dilakukan pada tekanan 3 x 10<sup>5</sup> Pa. Menurut Ahmed et al. (2014), tahap sterilisasi ini diperlukan untuk (1) mencegah pembentukan asam lemak bebas, (2) memudahkan pelepasan buah dari tandan, (3) melunakan buah untuk memudahkan dalam proses pengepresan dan pemecahan biji, dan (4) meminimalkan kerusakan biji selama proses pengepresan dan pemecahan biji. Sterilisasi ini menghasilkan limbah. Sekitar 0,9 ton kondensat yang dihasilkan dalam langkah ini untuk memproses setiap ton minyak.

### **Pemisahan, Pelumatan dan Ekstraksi.**

TBS kelapa sawit yang telah direbus di sterilizer diangkat dan di tuang ke dalam thresher. Perontokan buah dari tangkai tandan dilakukan dengan melemparkan TBS kelapa sawit ke dalam drum putar (Amelia et al., 2009). Dalam proses ini, buah-buah akan terlepas dari tangkai tandan. Buah-buah yang terlepas ini dilewatkan ke dalam digester melalui sebuah conveyor. Didalam digester buah diaduk dan dilumat untuk memudahkan daging buah terpisah dari biji. Untuk memudahkan proses pelumatan, buah-buah ini diberi uap panas (80 - 90<sup>0</sup> C). Buah-buah yang sudah lumat ini kemudian disalurkan ke mesin pengepresan (*screw press*). Pengepresan ini berfungsi untuk mengeluarkan minyak mentah (*crude oil*) dari daging buah. Dari pengepresan tersebut akan diperoleh minyak mentah, ampas, dan biji. Minyak mentah ini selanjutnya dialirkan ke stasiun pemurnian (Ahmed et al., 2014).

### **Pemurnian.**

Minyak mentah dari stasiun pengepresan dikirim ke stasiun pemurnian untuk diproses lebih lanjut. Minyak mentah ini mengandung 35 – 45 % minyak sawit, 45 – 55 % air, dan material berserat. Proses pemisahan minyak, air dan kotoran dilakukan dengan system pengendapan, sentrifugasi dan penguapan. Minyak mentah ini dialirkan ke saringan yang bergetar (*vibrating screen*) untuk memisahkan kotoran dan bahan-bahan lain yang masih mengandung minyak (Amelia et al., 2009). Bahan-bahan lain yang masih mengandung minyak dapat dikembalikan ke digester. Minyak yang telah disaring

selanjutnya dialirkan ke dalam tangki minyak mentah. Pemisahan minyak dengan sludge dilakukan dengan cara pengendapan didalam tangki ini. Minyak yang mempunyai berat jenis kecil akan mengapung sedangkan sludge yang mempunyai berat jenis lebih besar akan mengendap di bawah. Minyak ini selanjutnya dialirkan kedalam tangki minyak. sedangkan sludge yang mempunyai berat jenis lebih besar dari pada minyak masuk kedalam ruang ketiga melalui lubang bawah. Untuk memaksimalkan pemisahan minyak, maka suhu dipertahankan pada 90<sup>0</sup> C. Sekitar 1,5 ton limbah lumpur dihasilkan selama pengolahan satu ton CPO (Ahmed et al., 2014).

### **Pemisahan Dan Pengeringan Biji.**

Kotoran yang dihasilkan proses pengepresan (*press cake*) yang terdiri dari biji dan serabut dimasukkan ke dalam Depericaper dan dipanaskan dengan uap agar kandungan air berkurang, sehingga *press cake* terurai dan mudah terpisah. Pada Depericaper terjadi proses pemisahan biji dan serabut. Selanjutnya biji-biji ini diproses di *hydrocyclone*, di mana biji sawit dipisahkan dari cangkang-cangkang berdasarkan perbedaan berat jenisnya. Air limbah *hydrocyclone* dibuang. Sekitar 0,1 ton limbah *hydrocyclone* terbentuk untuk setiap satu ton produksi kelapa sawit (Ahmed et al., 2014).

## **3. METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian dirancang melalui beberapa tahapan yang sistematis, logis, dan terstruktur yang terdiri dari beberapa tahap dimulai dari studi pendahuluan sampai dengan implementasi kebijakan.

### **Studi Pendahuluan**

Studi pendahuluan merupakan tahapan awal dalam pelaksanaan penelitian, yang mencakup studi pustaka dan observasi lapang. Studi pustaka mencakup kajian literatur dari berbagai sumber dan referensi sebagai pijakan awal dan kerangka teori yang melandasi penelitian. Studi pustaka difokuskan dengan mengkaji referensi-referensi terkait dengan konsep, teori dan model sistem tertutup, kesetimbangan massa dan kesetimbangan energi proses produksi kelapa sawit, hasil samping pabrik kelapa sawit yang berpotensi untuk digunakan kembali baik sebagai sumber energi maupun sumber air, serta teknologi proses konversi hasil samping pabrik kelapa sawit menjadi energi.

### **Identifikasi Pemanfaatan Limbah**

Identifikasi penelitian yang telah dilakukan untuk pemanfaatan limbah padat kelapa sawit berupa tandan kosong, serat dan cangkang dan limbah cair kelapa sawit. Hasil identifikasi pemanfaatan limbah kemudian difokuskan kepada pengolahan limbah untuk dikonversi menjadi energi.

### **Pemilihan Alternatif Pemanfaatan Limbah**

AHP membantu memecahkan persoalan yang kompleks dengan menyusun suatu hirarki kriteria dan sub kriteria yang didapatkan dari literatur. Tahapan berikutnya adalah penilaian dari beberapa pakar untuk menentukan pilihan alternatif terbaik dari pemanfaatan limbah yang akan digunakan untuk dikonversi menjadi energi.

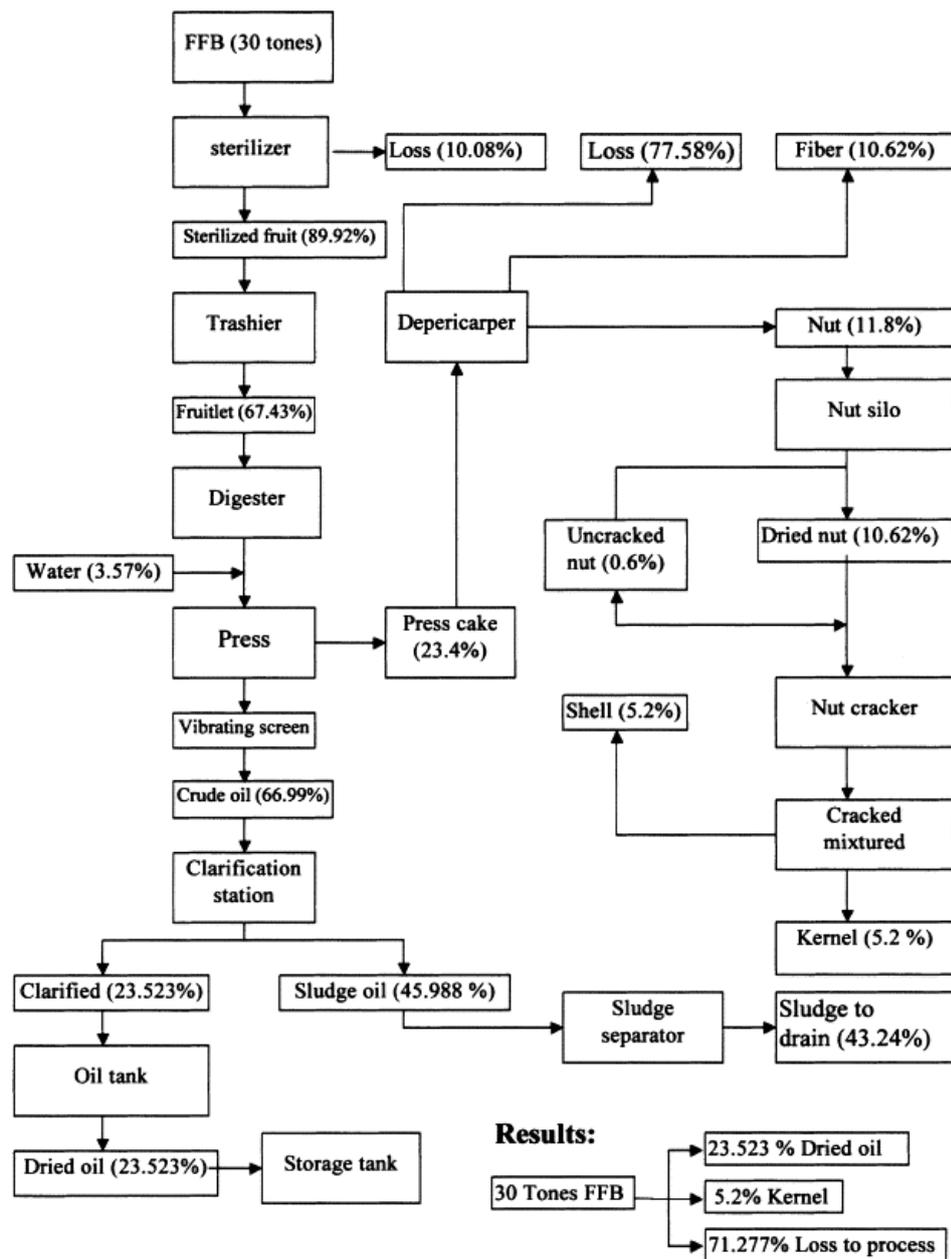
### **Analisis Neraca Energi**

Analisis neraca energi digunakan untuk mendapatkan kesetimbangan massa baik input maupun output dari pabrik kelapa sawit untuk perancangan model. Kesetimbangan energi digunakan untuk mengetahui konsumsi energi yang digunakan oleh pabrik kelapa sawit.

## **4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **4.1 Energi Pada Industri CPO**

Secara umum, proses pengolahan TBS menjadi CPO dapat dikategorikan menjadi proses basah dan proses kering. Hasil kunjungan lapangan ke PKS Palbatu Medan menunjukkan bahwa proses pengolahan TBS menjadi CPO di pabrik tersebut adalah dikategorikan sebagai proses basah. Berdasarkan hasil wawancara dengan sejumlah pakar, terungkap bahwa PKS di Sumatera Utara adalah menggunakan proses basah. Demikian juga dengan PKS di wilayah-wilayah lain di Indonesia. Temuan ini sejalan dengan Wu et al. (2009), yang menyatakan bahwa proses basah merupakan proses yang saat ini paling umum digunakan dalam memproses TBS menjadi CPO. Proses ini disebut proses basah karena banyaknya air yang diperlukan untuk mengolah TBS menjadi CPO. Gambar 2 memperlihatkan beberapa proses utama dalam pengolahan TBS menjadi CPO.



Gambar 2. Diagram alir neraca massa (Sumber: Mahlia et al., 2001)

Energi merupakan input penting untuk kegiatan suatu industri kelapa sawit. Meningkatnya biaya bahan bakar dan terbatasnya pasokan energi telah mendorong banyak penelitian yang berhubungan dengan energi untuk mengurangi biaya dan peningkatan efisiensi penggunaan energi melalui konservasi energi (Jekayinfa et al., 2014). Pada masa sekarang, pabrik-pabrik kelapa sawit pada umumnya telah mampu menyediakan kebutuhan energi dan uap secara mandiri. Hal ini dilakukan dengan

membakar seluruh serat kelapa sawit dan sebagian dari cangkang biji sawit yang dihasilkan dari proses pengolahan minyak sawit (Ali et al., 2014). Tabel 1 menunjukkan pemanfaatan biomassa dan energi saat ini di pabrik pengolahan kelapa sawit yang memproses 300.000 ton TBS per tahun.

Tabel 1. Skenario biomassa dan energi pabrik minyak sawit

Item	Details	Amount
FFB processing capacity	Annual capacity	300,000 t/y
	Hourly capacity	54 t/h
OPMF burnt as boiler fuel ( $M_f$ )	54 t/h x 0.157 x 1	8.478 t/h 8,478 kg/h
OPMF calorific value ( $CV_f$ )	-	19,068 kJ/kg
PKS burnt as boiler fuel ( $M_s$ )	54 t/h x 0.05 x 0.5	1.35 t/h 1,350 kg/h
	PKS calorific value ( $CV_s$ )	-
Potential energy conversion	$E = M_f CV_f + M_s CV_s$	188,804,304 kJ/h
Electricity demand	17 kWh/t FFB x 54 t/h FFB	918 kW
Steam demand	30 kg/kW x 918 kW	27,540 kg/h
	400 kg/t FFB x 54 t/h FFB	21,600 kg/h
Available energy for steam generation	188,804,304 kJ/h x 0.68 (Boiler efficiency = 68%)	128,386,927 kJ/h
Potential steam obtained	132,163,013 kJ/h / 2,590 kJ/kg (Energy required to generate 1 kg steam = 2,590 kJ)	49,570 kg/h > 27,540 kg/h

Sumber: Ali et al. (2014)

Saat ini, pabrik-pabrik kelapa sawit secara umum telah mampu untuk mandiri dalam hal penyediaan energi dan uap. Serat dan cangkang sawit dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk menghasilkan uap dan energi yang dibutuhkan untuk pengoperasian pabrik. Nilai kalor dari serat sawit adalah 18,6 GJ per ton dan nilai kalor dari cangkang sawit adalah 20,8 GJ per ton. Tandan buah kosong (TBK) juga dapat digunakan untuk menghasilkan listrik. Untuk membuatnya lebih mudah terbakar, TBK harus diparut dan dikeringkan sehingga kadar airnya di bawah 50%. TBK memiliki nilai panas sekitar 1.950 kkal per kg pada kelembaban 50% (Yusoff, 2006). Oleh karena itu, banyak pihak yang berargumen bahwa adalah tidak ada alasan yang

kuat untuk mengubah proses saat ini, karena dengan membakar serat kelapa sawit dan sebagian cangkang biji sawit, pabrik-pabrik kelapa sawit mampu menangani permasalahan kebutuhan bahan bakar dan pembuangan biomassa tersebut (Ali et al., 2014).

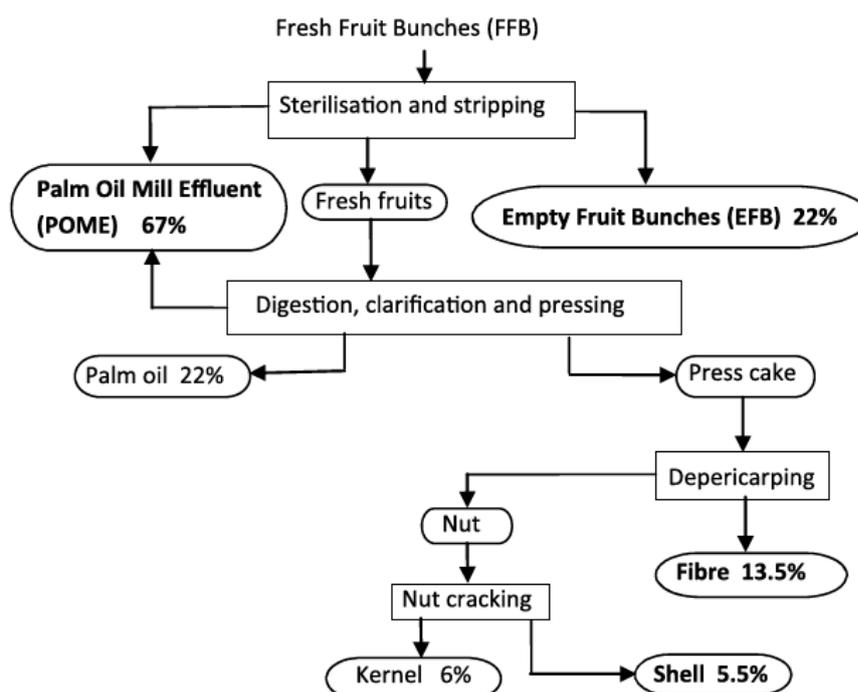
#### **4.2 Limbah Pabrik Minyak Kelapa Sawit**

Secara tradisional, hasil dari pabrik minyak kelapa sawit adalah minyak sawit mentah (CPO) dan inti sawit. Selain menghasilkan dua jenis komoditas itu, pabrik minyak kelapa sawit setiap harinya juga menghasilkan limbah dalam jumlah besar, baik limbah padat maupun limbah cair (Ali et al., 2014). Gambar 3 memperlihatkan jenis limbah pada proses pengolahan kelapa sawit.

Merujuk pada Ali et al. (2014), limbah pabrik kelapa sawit bisa menjadi sumber energi terbarukan karena kandungan bahan organiknya berlimpah. Limbah padat utama yang dihasilkan pabrik minyak kelapa sawit adalah tandan buah kosong, serat, dan cangkang inti sawit. Tandan buah kosong ini terutama dikirim ke perkebunan untuk mulsa, sedangkan serat dan cangkang inti sawit digunakan sebagai bahan bakar boiler untuk menghasilkan uap dan listrik untuk operasi pabrik.

##### **1. Limbah Padat Industri Kelapa Sawit**

Limbah padat yang dihasilkan oleh pabrik kelapa sawit utamanya adalah tandan buah kosong (TBK), serat kelapa sawit, dan cangkang inti sawit (Ali et al., 2014). Serat dan cangkang yang dihasilkan oleh pabrik kelapa sawit secara tradisional digunakan sebagai bahan bakar padat untuk boiler uap. Uap yang dihasilkan boiler digunakan untuk menjalankan turbin untuk produksi listrik. Kedua bahan bakar padat ini mampu menghasilkan energi yang cukup untuk memenuhi kebutuhan energi pabrik kelapa sawit (Ali et al., 2014).



Gambar 3. Distribusi limbah pada proses pengolahan CPO (Sumber: Sulaiman et al., 2011)

Praktek-praktek yang sekarang paling umum dilakukan dari pengolahan TBK adalah (1) mengirimnya kembali ke perkebunan kelapa sawit sebagai mulsa tanah, (2) menggunakannya sebagai bahan bakar boiler, dan (3) membakarnya langsung (Baharudin et al., 2010). Pada tanah pedalaman dan pada tanah pesisir yang kurang subur, TBK dapat digunakan untuk meningkatkan tingkat nutrisi daun dan pertumbuhan vegetatif. Dengan meningkatnya biaya pupuk anorganik, sekarang ada kecenderungan untuk menggunakan TBK sebagai mulsa untuk kelapa sawit (Yusof (2006). Permasalahan muncul ketika biaya transportasi dan distribusi TBK ke perkebunan sebagai mulsa tanah menjadi semakin mahal dan munculnya peraturan yang melarang pembakaran langsung TBK karena mencemari udara (Baharudin et al., 2010). Yusof (2006) memberi penjelasan serupa bahwa TBK secara tradisional memang dapat dibakar langsung untuk menghasilkan abu. Abu hasil pembakaran ini mengandung unsur hara yang tinggi dan yang setara dengan pupuk tanah. Namun karena masalah asap putih yang ditimbulkan, praktek pembakaran TBK mulai ditinggalkan. Asap putih ini terutama disebabkan oleh kelembaban TBK yang tinggi (> 60%). Sementara itu, penggunaan tandan buah kosong sebagai bahan bakar boiler juga tidak efisien, karena

kadar air yang tinggi (Baharudin et al., 2010).

Beberapa kajian telah dilakukan untuk menemukan cara-cara alternatif untuk memanfaatkan TBK secara lebih menguntungkan, misalnya merubah TBK menjadi kompos. Sebuah pabrik kelapa sawit yang mempunyai industri-industri pendukung di sekitarnya yang memerlukan pasokan energi, TBK dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk proses pengepresan serat dan cangkang sawit. Dalam hal ini, diperlukan proses awal untuk mempersiapkan TBK untuk pembakaran yang efisien. TBK mempunyai potensi untuk diproses menjadi bubur kertas karena TBK dapat dikategorikan sebagai residu tanaman berserat yang dikenal sebagai residu lignoselulosa. Metode-metode bebas klorin digunakan untuk memutihkan pulp untuk memproduksi kertas. Produk-produk kertas yang diperoleh dengan mengolah limbah kelapa sawit antara lain kertas rokok dan kertas perekat. Beberapa jenis papan kayu juga dapat diproduksi dari bahan TBK dan serat sawit (Sulaiman et al., 2011).

Sementara itu, abu kelapa sawit (oil palm ash - OPA) dapat dimanfaatkan sebagai penyerap untuk menghilangkan gas polutan seperti nitrogen oksida dan sulfur oksida. Pembakaran serat dan cangkang kelapa sawit sebagai bahan bakar boiler untuk menghasilkan uap dalam pabrik kelapa sawit akan menghasilkan OPA. Ditemukan bahwa OPA mengandung kalsium, silika, kalium dan alumina yang dapat dimanfaatkan untuk mensintesis senyawa aktif untuk menyerap gas polutan. Kandungan hidroksil, lakton dan karboksilat dalam cangkang kelapa sawit memiliki afinitas tinggi terhadap ion logam. Dengan demikian, arang yang berasal dari cangkang kelapa sawit dapat dilapisi dengan *chitosan* untuk digunakan sebagai penetral logam berat terutama krom dari limbah industri (Sulaiman et al., 2011).

Pengolahan limbah kelapa sawit seperti TBK, serat, cangkang dan bungkil inti sawit (palm kernel cake - PKC) menjadi bahan bakar padat melalui proses briket juga menjadi bahan pertimbangan. Briket adalah proses pemadatan material yang terpisah menjadi produk yang homogen dan padat. Briket kelapa sawit sering menjadi pilihan untuk rumah tangga dan pemanas industri seperti boiler karena mempunyai sifat pembakaran yang baik. Potensi lain dari pemanfaatan TBK adalah memprosesnya menjadi biochar. Biochar didefinisikan sebagai bahan organik hangus, yang diproduksi untuk mengurangi efek rumah kaca dengan penyerapan karbon dalam tanah dan memperbaiki sifat tanah. Biochar adalah senyawa karbon yang stabil yang dapat

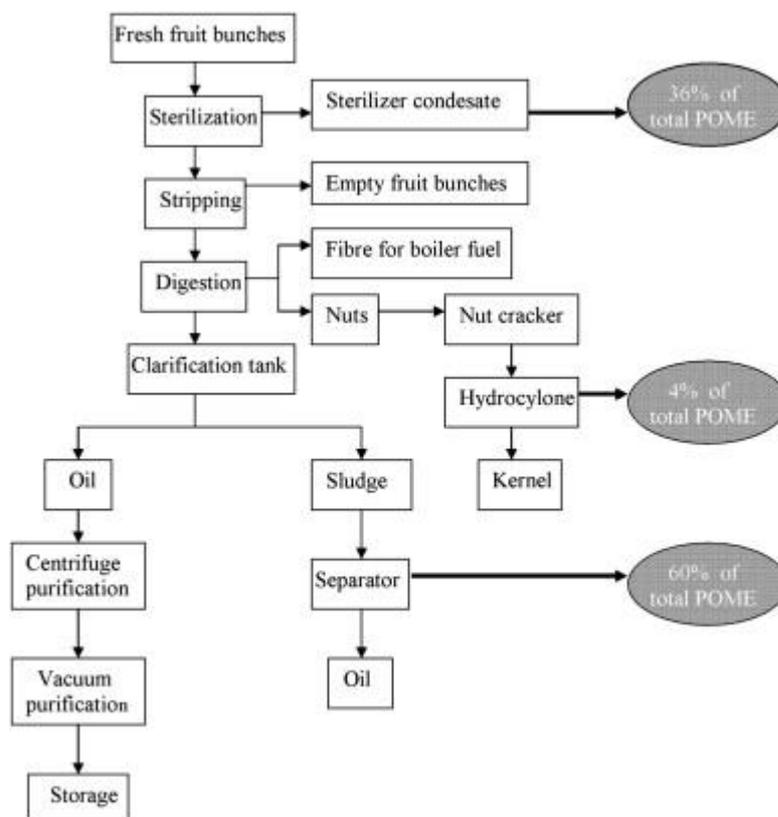
disimpan dalam tanah untuk waktu yang lama. Biochar dibuat ketika biomassa dipanaskan sampai suhu antara 300 dan 1.000<sup>0</sup> C, di bawah konsentrasi oksigen rendah atau nol (Sulaiman et al., 2011).

Selain mengkonversi limbah padat kelapa sawit menjadi berbagai produk yang mempunyai nilai tambah, limbah padat kelapa sawit juga memiliki potensi sebagai sumber energi terbarukan. Pemanfaatan limbah kelapa sawit sebagai sumber energi akan memberi dampak positif terhadap lingkungan seperti pengurangan emisi CO<sub>2</sub>. Limbah kelapa sawit seperti TBK, serat, dan cangkang kelapa sawit dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk menghasilkan uap, yang dibutuhkan untuk kegiatan pengolahan minyak sawit dan untuk menghasilkan listrik. Saat ini, pabrik-pabrik kelapa sawit umumnya menggunakan energi listrik yang dihasilkan secara internal yang dihasilkan dari limbah kelapa sawit. Gasifikasi merupakan salah satu teknologi untuk memproduksi hidrogen; dan TBK, serat, dan cangkang kelapa sawit semuanya dapat digunakan untuk gasifikasi (Sulaiman et al., 2011).

Sulaiman et al. (2011) menyarankan berbagai industri untuk menggunakan sabut kelapa sawit sebagai bahan bakar dalam boiler. Emisi CO<sub>2</sub> dapat berkurang secara signifikan jika semua industri dapat mengganti seluruhnya atau mengganti sebagian bahan bakar fosil dengan limbah kelapa sawit untuk menghasilkan energi tanpa merusak lingkungan.

## **2. Limbah Cair Industri Kelapa Sawit**

Industri pengolahan kelapa sawit (PKS) menghasilkan limbah cair dalam jumlah yang besar. Limbah cair PKS ini sering disebut sebagai *palm oil mill effluent* (POME). Banyaknya limbah cair yang dihasilkan PKS ini memang wajar karena PKS memerlukan air dalam jumlah yang besar untuk mengekstrak minyak sawit mentah (CPO) dari tandan buah segar (Ahmed et al., 2014). Gambar 4 menunjukkan sumber-sumber POME dalam proses pengolahan CPO.



Gambar 4. Sumber-sumber POME dalam proses pengolahan CPO (Sumber: Harsono et al., 2013)

Dari gambar 4 diketahui bahwa POME ini adalah kombinasi dari limbah yang dihasilkan dari tiga sumber utama, yaitu proses separator atau klarifikasi (60%), proses sterilisasi (36%) dan proses hidrosiklon (4%). Merujuk pada Achmed et al. (2014), rata-rata sekitar 1,5 m<sup>3</sup> air biasanya diperlukan untuk memproses 1 ton tandan buah segar dan hampir setengah dari air tersebut dibuang sebagai POME. Untuk menghasilkan satu ton CPO, sekitar 0,9 m<sup>3</sup> POME (proses separator), 1,5 m<sup>3</sup> POME (proses sterilisasi) dan 0,1 m<sup>3</sup> POME (proses hidrosiklon) akan dihasilkan. Karakteristik POME dari ketiga sumber tersebut ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik limbah cair dari tiga sumber berbeda

Parameter	Sterilizer condensate	Clarification wastewater	Hydrocyclone wastewater
Chemical oxygen demand (COD) (mg/L)	47,000	64,000	15,000
Biochemical oxygen demand (BOD <sub>3</sub> , 30 oC) (mg/L)	23,000	29,000	5000
Dissolved solid (DS) (mg/L)	34,000	22,000	100
Suspended solid (SS) (mg/L)	5000	23,000	7000
Total nitrogen (TN) (mg/L)	500	1200	100
Ammoniacal nitrogen (mg/L)	20	40	–
Oil and grease (mg/L)	4000	7000	300
pH	5.0	4.5	–

Sumber: Achmed et al. 2014

Achmed et al. (2014) mengemukakan bahwa POME mengandung sejumlah kuat dari asam amino, nutrisi anorganik (Na, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn, Cu, Co dan Cd), serat, senyawa nitrogen, asam organik bebas dan karbohidrat. POME mengandung nilai pH yang kecil, padatan tersuspensi, dan kandungan nitrogen seperti nitrogen amonia dan nitrogen total. POME ini juga berisi bahan organik seperti lignin (4700 ppm), fenolat (5800 ppm), pektin (3400 ppm) dan karoten (8 ppm).

Disisi lain, kandungan organik yang tinggi dalam POME telah dibuat POME menjadi sumber yang potensial untuk menghasilkan gas metana melalui pencernaan anaerobik. Selain itu, POME mengandung bahan *biodegradable* dengan rasio BOD dan COD sebesar 0,5. Ini bermakna bahwa POME dapat diolah secara mudah dengan menggunakan metode biologis. Metode yang paling umum digunakan untuk pengolahan POME adalah sistem kolam terbuka. Metode ini banyak diterapkan oleh pabrik-pabrik kelapa sawit karena biaya operasionalnya yang rendah (Chin et al., 2013).

Walaupun sistem kolam banyak digunakan, metode pengolahan POME ini tidak dianjurkan karena lemahnya kontrol operasional dan lamanya waktu untuk degradasi. Selain itu, biogas yang dihasilkan selama dekomposisi anaerobik tidak dapat diambil dan dimanfaatkan. Padahal, biogas dari POME ini mengandung gas metana yang dapat digunakan sebagai sumber energi di pabrik kelapa sawit. Dalam sistem kolam, sumber

energi yang berharga ini tidak hanya menjadi sia-sia, tetapi juga menyebabkan efek negatif terhadap lingkungan karena gas metana berpotensi menyebabkan pemanasan global (Chin et al., 2013).

## **5. KESIMPULAN**

Pada masa sekarang, muncul tekanan dan kesadaran global untuk mencari dan mengembangkannya energi terbarukan akibat menipisnya ketersediaan bahan bakar fosil. Secara bersamaan juga muncul tuduhan dari berbagai pihak bahwa industri kelapa sawit adalah jenis industri yang berkontribusi nyata terhadap meningkatnya emisi gas rumah kaca, sebagai akibat dari banyaknya limbah yang dihasilkan oleh industri tersebut. Meskipun demikian, disadari juga bahwa industri kelapa sawit adalah jenis industri yang mempunyai potensi untuk menyediakan sumber-sumber energi terbarukan. Hal ini didasarkan pada fakta bahwa industri ini menghasilkan biomassa yang dalam jumlah yang besar. Biomassa adalah sumber energi terbarukan yang sangat potensial. Biomassa ini terbukti mampu menjadi sumber energi sehingga menjadikan industri kelapa sawit sebagai industri yang mampu menyediakan kebutuhannya secara mandiri. Yang perlu dilakukan oleh industri ini adalah menerapkan praktik-praktik produksi bersih. Dengan kata lain, dalam menghasilkan produknya, industri ini harus menggunakan energi secara efisien, menggunakan bahan-bahan yang terbarukan, dan meminimasi limbah. Indonesia adalah produsen minyak sawit terbesar di dunia. Jika semua biomassa dapat dimanfaatkan secara baik, maka Indonesia mempunyai peluang yang besar dalam pengembangan energi terbarukan.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menentukan alternatif terbaik dari berbagai alternatif pemanfaatan limbah industri kelapa sawit (TBK dan POME). Penelitian ini memandang bahwa pemilihan alternatif pemanfaatan TBK dan POME bukan didasarkan pada kriteria tunggal, tetapi merupakan proses pengambilan keputusan multi kriteria. Hal ini didasarkan pada pemikiran bahwa pengambilan keputusan berdasarkan kriteria tunggal, dan mengabaikan kriteria-kriteria lain adalah tidak cukup kuat untuk menentukan alternatif terbaik karena tidak mewakili gambaran permasalahan secara menyeluruh. Dengan demikian, penelitian ini menganggap perlu untuk menentukan prioritas pemanfaatan limbah industri kelapa sawit berdasarkan 4

kriteria secara simultan. Karena alternatif-alternatif pemanfaatan TBK dan POME adalah banyak sehingga diperlukan keputusan-keputusan strategis untuk mengevaluasi pemanfaatan sumber energi terbarukan ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, Y., Yaakob, Z., Akhtar, P., Sopian, K. (2014). Production of biogas and performance evaluation of existing treatment processes in palm oil mill effluent (POME). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 1260–1278
- Ali, A.M.A., Othman, M.R., Shirai, Y., Hassan, M.A. (2014). Sustainable and integrated palm oil biorefinery concept with value-addition of biomass and zero emission system. *Journal of Cleaner Production*. In Press, Available online 16 December 2014
- Amelia, L., Wahab, D.A., Hassan, A. (2009). Modelling of palm oil production using fuzzy expert system. *Expert Systems with Applications*, 36 (5), 8735–8749
- Baharuddin, A.S., Hock, L.S., Yusof, M.Z.M., Rahman, N.A.A., Shah, U.K.M., Hassan, M.A., Wakisaka, M., Sakai, K., Shirai, Y. (2010). Effects of palm oil mill effluent (POME) anaerobic sludge from 500 m<sup>3</sup> of closed anaerobic methane digested tank on pressed-shredded empty fruit bunch (EFB) composting process. *African Journal of Biotechnology*, 9 (16), 2427-2436
- Chin, M.J., Poh, P.E., Tey, B.T., Chan, E.S., Chin, K.L. (2013). Biogas from palm oil mill effluent (POME): Opportunities and challenges from Malaysia's perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 26, 717–726
- Ferguson, M.E. and Toktay, L.B. (2006). The effect of competition on recovery strategies. *Production and Operation Management*, 15, 351–368
- Harsono, S.S., Grundman, P., Soebronto, S. (2014). Anaerobic treatment of palm oil mill effluents: potential contribution to net energy yield and reduction of greenhouse gas emissions from biodiesel production. *Journal of Cleaner Production*, 64, 619-627
- Ludin, N.A., Bakri, M.A.M., Kamaruddin, N., Sopian, K., Deraman, M.S., Hamid, N.H., Asim, N Othman, M.Y. (2014). Malaysian oil palm plantation sector: exploiting renewable energy toward sustainability production. *Journal of Cleaner Production*, 65, 9-15

- Mahlia, T.M.I., Abdulmuin, M.Z., Alamsyah, T.M.I., Mukhlisien, D. (2001). An alternative energy source from palm wastes industry for Malaysia and Indonesia. *Energy Conversion and Management*, 42 (18), 2109–2118
- Nipattumakul, N., Ahmed, I.I., Kerdsuwan, S., Gupta, A.K. (2012). Steam gasification of oil palm trunk waste for clean syngas production. *Applied Energy*, 92, 778–782
- Rincon, L.E., Moncada, J., Cardona, C.A. (2014). Analysis of potential technological schemes for the development of oil palm industry in Colombia: A biorefinery point of view. *Industrial Crops and Products*, 52, 457–465
- Sulaiman, F., Abdullah, N., Gerhauser, H., Shariff, A. (2011). An outlook of Malaysian energy, oil palm industry and its utilization of wastes as useful resources. *Biomass and Bioenergy*, 35 (9), 3775–3786
- Tan, K.T., Lee, K.T., Mohamed, A.R., Bhatia, S. (2009). Palm oil: Addressing issues and towards sustainable development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13 (2), 420–427
- Wu, T.Y., Mohammad, A.W., Jahim, J.M., Anuar, N. (2009). A holistic approach to managing palm oil mill effluent (POME): Biotechnological advances in the sustainable reuse of POME. *Biotechnology Advances*, 27 (1), 40–52
- Yoshizaki, T., Shirai, Y., Hassan, M.A., Baharuddin, A.S., Abdullah, N.P.R., Sulaiman, A., Busu, Z., (2013). Improved economic viability of integrated biogas energy and compost production for sustainable palm oil mill management. *Journal of Cleaner Production*, 44, 1–7