

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Pengolahan Buah Sawit menjadi CPO**

Menurut Basiron (2005), pengolahan buah sawit menjadi CPO (Gambar 2) dilakukan dalam beberapa tahap yaitu penerimaan tandan buah segar (TBS), perebusan, perontokan, pelumatan, ekstraksi minyak, dan klarifikasi. Berikut ini merupakan penjelasan singkat mengenai tahap-tahap pengolahan buah sawit menjadi CPO.

#### **2.1.1 Penerimaan Tandan Buah Segar**

Penerimaan Tandan Buah Segar (TBS) di pabrik kelapa sawit banyak yang menggunakan jembatan timbang. Hal ini sangat sederhana, sebagian besar menggunakan sel-sel beban yang menyebabkan variasi pada sistem listrik yang diukur. Jembatan timbang menggunakan sistem komputer untuk mengukur berat. Prinsip kerja dari jembatan timbang yaitu truk yang melewati jembatan timbang berhenti 5 menit, kemudian dicatat berat truk awal sebelum TBS dibongkar dan disortir, kemudian setelah dibongkar truk kembali ditimbang. Selisih berat awal dan akhir adalah berat TBS yang diterima di pabrik. TBS harus dikelola dengan baik untuk menghindari kerusakan pada buah yang dapat menyebabkan rendahnya kualitas minyak yang dihasilkan. Kualitas buah yang diterima pabrik harus diperiksa tingkat kematangannya. Kriteria matang panen merupakan faktor

penting dalam pemeriksaan kualitas buah di stasiun penerimaan TBS karena pematangan buah mempengaruhi rendemen minyak.

### **2.1.2 Perebusan (Sterilisasi)**

Perebusan dilakukan menggunakan uap pada tekanan  $3 \text{ kg/cm}^2$  pada suhu  $143^\circ\text{C}$  selama 1 jam. Proses ini dilakukan untuk mencegah naiknya jumlah asam lemak bebas karena reaksi enzimatik, mempermudah perontokan buah, dan mengkondisikan inti sawit untuk meminimalkan pecahnya inti sawit selama pengolahan berikutnya.

### **2.1.3 Perontokan**

Tujuan dari perontokan adalah memisahkan buah yang sudah direbus dari tandannya. Perontokan dilakukan dengan dua cara yaitu penggoyangan dengan cepat dan pemukulan.

### **2.1.4 Pelumatan**

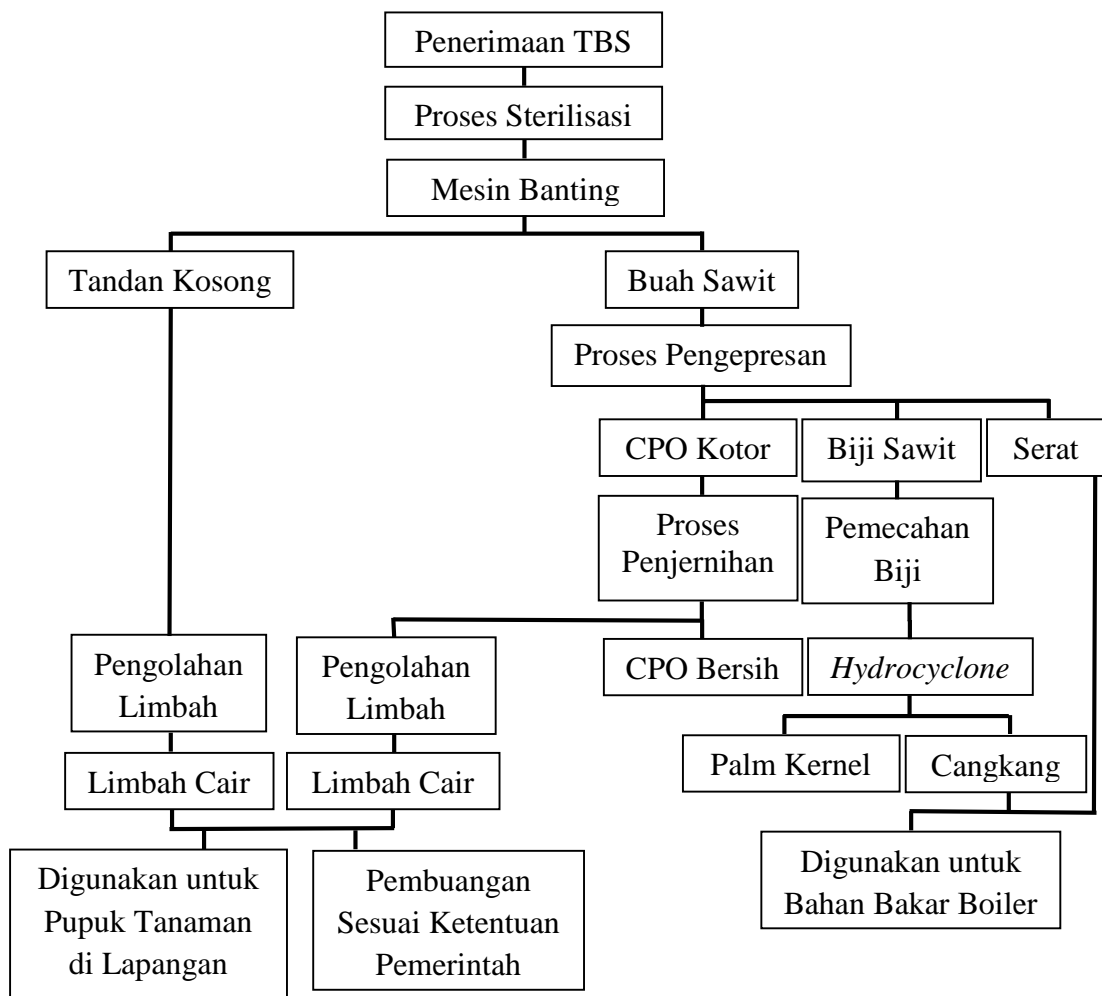
Pelumatan dilakukan untuk memanaskan buah kembali, memisahkan perikrap dari inti, dan memecah sel minyak sebelum mengalami ekstraksi. Kondisi terbaik pelumatan ada pada suhu  $95 - 100^\circ\text{C}$  selama 20 menit.

### **2.1.5 Ekstraksi minyak**

Ekstraksi minyak biasanya dilakukan dengan mesin pres yang akan menghasilkan dua kelompok produk yaitu ( 1) campuran antara air, minyak, dan padatan, (2) *cake* yang mengandung serat dan inti.

### 2.1.6 Klarifikasi

Minyak kasar hasil ekstraksi akan memiliki komposisi 66% minyak, 24% air, dan 10% padatan bukan minyak (*nonoily solids*, NOS). Karena kandungan padatannya cukup tinggi, maka harus dilarutkan dengan air untuk mendapatkan pengendapan yang diinginkan. Setelah dilarutkan, minyak kasar disaring untuk memisahkan bahan berserat. Produk kemudian diendapkan untuk memisahkan minyak dan endapan. Minyak pada bagian atas diambil dan dilewatkan pada pemutar setrifugal yang diikuti oleh pengering vakum. Selanjutnya didinginkan sebelum disimpan dalam tangki penyimpanan.



Gambar 2. Alur Proses Pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) menjadi CPO (Basiron, 2005)

## 2.2 Air Limbah Pabrik Kelapa Sawit

Air limbah pabrik kelapa sawit (ALPKS) adalah air limbah dari pabrik minyak kelapa sawit yang berasal dari unit proses sterilisasi, klarifikasi, *hydrocyclone* (*claybath*), dan air pencucian pabrik. ALPKS mengandung berbagai senyawa terlarut dan tidak terlarut termasuk serat-serat pendek, hemiselulosa dan turunannya, protein, asam organik bebas, dan campuran mineral-mineral.

Karakteristik ALPKS secara umum disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik air limbah pabrik kelapa sawit

Parameter	satuan	rata-rata
pH	-	4,95
Minyak	mg/l	376
BOD	mg/l	27.131
COD	mg/l	68.543
Total Nitrogen	mg/l	12.389
Kalium	mg/l	1.050
Magnesium	mg/l	2.116
Kalsium	mg/l	9.671

Sumber : Budianta (2004)

Air limbah dari pabrik minyak kelapa sawit umumnya bersuhu tinggi 70-80°C, berwarna kecoklatan, mengandung padatan terlarut dan tersuspensi berupa koloid dan residu minyak dengan BOD (*biological oxygen demand*) dan COD (*chemical oxygen demand*) yang tinggi. Air limbah PKS jika langsung dibuang ke perairan, maka sebagian akan mengendap, terurai secara perlahan, mengkonsumsi oksigen terlarut, menimbulkan kekeruhan, mengeluarkan bau yang tidak sedap, dan dapat merusak ekosistem perairan. Sebelum air limbah dibuang ke lingkungan harus diolah terlebih dahulu agar memenuhi baku mutu limbah yang telah ditetapkan.

Baku mutu air limbah industri minyak kelapa sawit berdasarkan Peraturan Gubernur Provinsi Lampung No.7 tahun 2010 disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Baku mutu air limbah industri minyak kelapa sawit

Parameter	Kadar maksimum (mg/l)	Beban pencemaran maksimum (Kg/ton)
BOD <sub>5</sub>	100	0,25
COD	350	0,88
TSS	250	0,63
Minyak dan lemak	25	0,063
Nitrogen total (sebagai N)	50,0	0,125
Nikel (Ni)	0,5 mg/L	
Kobal (Co)	0,6 mg/L	
pH	6,0 – 9,0	
Debit limbah maksimum	2,5 m <sup>3</sup> per ton produk minyak sawit (CPO)	

Sumber : Peraturan Gubernur Provinsi Lampung No.7 (2010)

Air limbah kelapa sawit merupakan nutrien yang kaya akan senyawa organik dan karbon. Dekomposisi dari senyawa-senyawa organik oleh bakteri anaerob dapat menghasilkan biogas (Deublein dan Steinhauster, 2008). Gas tersebut jika tidak dikelola dan dibiarkan lepas ke udara bebas maka dapat menjadi salah satu penyebab pemanasan global karena metana dan karbondioksida yang dilepaskan adalah termasuk gas rumah kaca yang disebut-sebut sebagai sumber pemanasan global saat ini. Emisi metana 21 kali lebih berbahaya dari CO<sub>2</sub> dan metana merupakan salah satu penyumbang gas rumah kaca terbesar (Sumirat dan Solehudin, 2009).

### 2.3 Proses Anaerobik dalam Pengelolaan Air Limbah

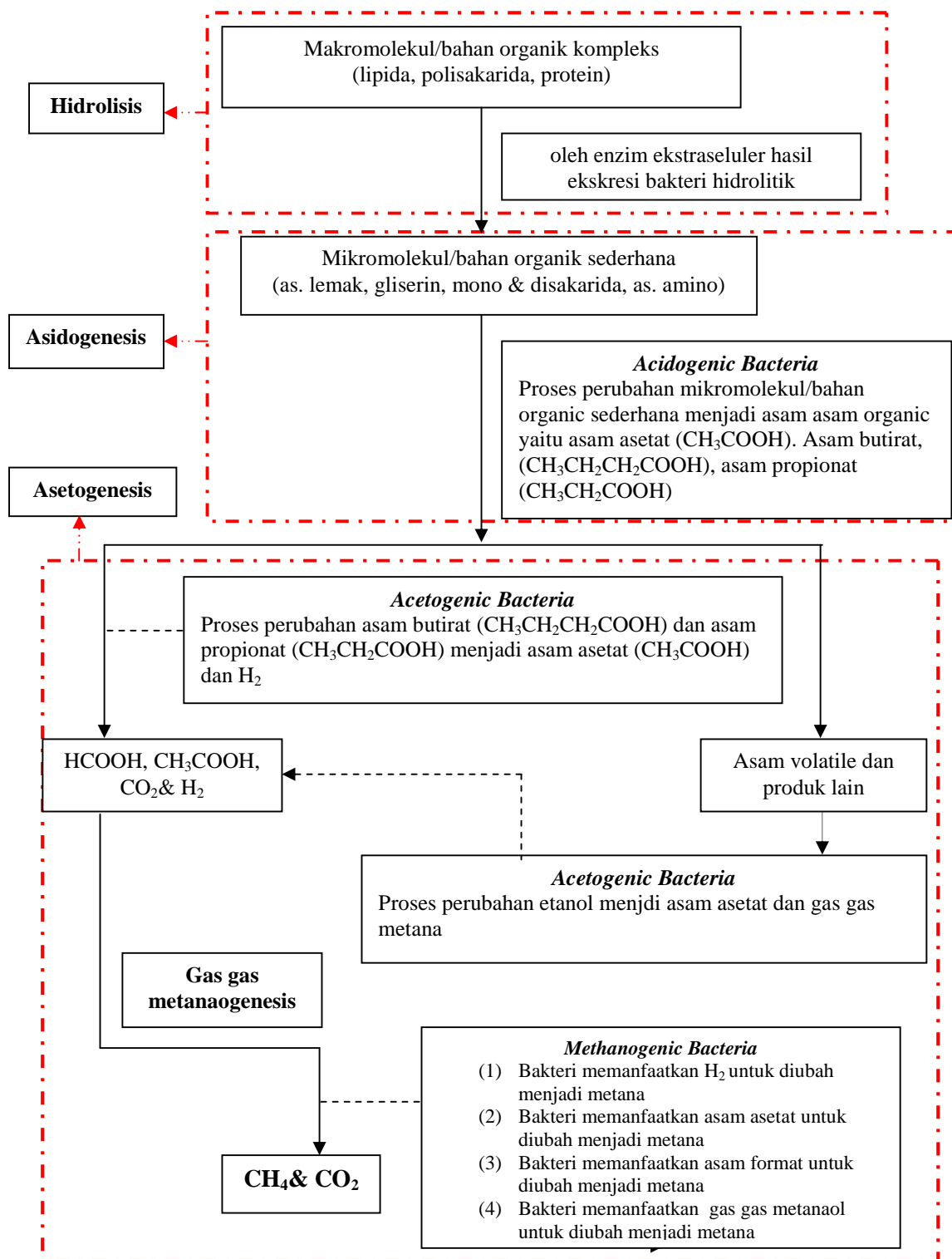
Nilai COD dan BOD yang tinggi dalam air limbah industri menunjukkan bahwa kandungan bahan-bahan organik dalam konsentrasi tinggi. Proses pengolahan air limbah anaerobik adalah proses penguraian senyawa-senyawa organik yang terkandung dalam limbah oleh mikroorganisme menjadi metana dan karbondioksida tanpa memerlukan oksigen (Grady dan Lim, 1980).

Pembentukan gas-gas metana melalui metabolisme anaerobik merupakan proses bertahap dengan tiga tahap utama, yaitu hidrolisis, asidogenesis, dan metanogenesis (Tchobanoglous *et al.*, 2003). Tahap pertama adalah hidrolisa senyawa organik kompleks baik yang terlarut maupun yang tersuspensi dari berat molekul besar (polimer) menjadi senyawa organik sederhana (monomer) berupa senyawa terlarut dengan berat molekul yang lebih ringan. Hidrolisis molekul kompleks dikatalisasi oleh enzim-enzim ekstraseluler seperti selulase, protease, dan lipase. Lipida berubah menjadi asam lemak dan gliserin, polisakarida menjadi gula (mono dan disakarida), protein menjadi asam amino dan asam nukleat menjadi purin dan pirimidin.

Tahap kedua (asidogenesis) adalah pembentukan asam organik (asam asetat, propionat, butirat, laktat, format), alkohol dan keton (etanol, metanol, gliserol dan aseton), asetat, CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub> dari monomer-monomer hasil hidrolisis dengan melibatkan bakteri-bakteri penghasil asam yaitu *acids forming bacteria* dan *acetogenic bacteria*. Bakteri yang berperan tersebut adalah bakteri obligat anaerob dan sebagian yang lain bakteri anaerob fakultatif. Produk utama dari

proses ini adalah asam asetat. Pembentukan asam asetat kadang disertai dengan pembentukan karbondioksida atau hidrogen, tergantung kondisi oksidasi dari bahan organik aslinya (Tchobanoglous *et al.*, 2003).

Tahap ketiga (metanogenesis) yaitu pembentukan metana dengan melibatkan bakteri metanogen. Proses produksi metana melibatkan dua kelompok bakteri metanogen, yaitu *acetoclastic methanogens* yang mengubah asetat menjadi gas metana dan karbondioksida. Kelompok kedua adalah bakteri metanogen yang memanfaatkan hidrogen sebagai donor elektron dan CO<sub>2</sub> sebagai aseptor elektron untuk memproduksi metana. Bakteri di dalam proses anaerobik, yaitu bakteri *acetogens* juga mampu menggunakan CO<sub>2</sub> untuk melakukan proses oksidasi dan membentuk asam asetat. Asam asetat kemudian dikonversi menjadi metana. Sekitar 72% metana yang diproduksi dalam digester anaerobik adalah formasi dari asetat (Tchobanoglous *et al.*, 2003). Tahapan proses pembentukan metana terdapat pada Gambar 2.



Gambar 3. Tahapan proses pembentukan metana

Sumber : Grady dan Lim (1980) dalam Hasanudin dkk. (2012)

Keterangan : ----- : Proses perombakan

———— : Hasil dari proses perombakan

- - - - - : Tahapan Proses



## 2.4 Potensi Pemanfaatan Biogas sebagai Energi Alternatif

Biogas yang dihasilkan dari proses fermentasi secara anaerobik dengan bantuan aktivitas mikroba anaerobik dari bahan-bahan organik diantaranya limbah rumah tangga, limbah industri, dan kotoran hewan memiliki potensi yang besar untuk dimanfaatkan sebagai energi alternatif terbarukan. Biogas yang dihasilkan tidak memiliki warna, tidak berbau dan bersifat *flammable* (mudah terbakar). Sifat biogas yaitu 20% lebih ringan dari udara dan memiliki suhu pembakaran antara 650°C sampai dengan 750°C, yang apabila dibakar akan menghasilkan nyala api biru seperti gas LPG. Nilai kalor gas metana adalah 20 MJ/m<sup>3</sup> dengan efisiensi pembakaran 60% pada konvensional kompor biogas (Widodo dkk., 2008).

Biogas dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembangkit listrik, pemanas ruangan, memasak, dan pemanas air. Jika dikompresi, biogas dapat menggantikan gas alam terkompresi yang digunakan sebagai bahan bakar pada kendaraan bermotor. Menurut Hermawan (2007), di Indonesia nilai potensial pemanfaatan biogas ini akan terus meningkat karena adanya jumlah bahan baku biogas yang melimpah dan rasio antara energi biogas dan energi minyak bumi yang menjanjikan.

Konversi energi biogas dan penggunaannya disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Konversi energi biogas.

Penggunaan	Energi 1 m <sup>3</sup> biogas
Penerangan* Listrik *	Sebanding dengan lampu 60-100 W selama 6 jam sebanding dengan 1,25 KWH listrik
Pengganti bahan bakar**	
Minyak Tanah	0,62 liter
Solar	0,52 liter

Sumber: \*) Kristoferson dan Bolkaders (1991) dalam Haryati (2006)

\*\*\*) Ditjen PPHP Departemen Pertanian RI (2009)

Gas metana merupakan gas yang mengandung satu atom C dan empat atom H serta memiliki sifat mudah terbakar. Gas metana yang dihasilkan dapat dibakar sebagai energi panas. Satu mol metana memerlukan dua mol oksigen untuk dapat dioksidasi menjadi CO<sub>2</sub> dan air. Hal tersebut mengakibatkan setiap produksi 16 gram metana dapat menurunkan COD air limbah sebanyak 64 gram, stabilisasi 1 pound COD dapat menghasilkan 5,62 ft<sup>3</sup> metana atau 0,35 m<sup>3</sup> metana/kg COD pada suhu dan tekanan standar menurut Grady dan Lim (1980).

## 2.5 Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit

Potensi pengembangan kelapa sawit di Indonesia sangat besar. Hal ini dibuktikan dengan banyaknya perkebunan kelapa sawit di Indonesia baik milik negara ataupun perusahaan perorangan. Angka produksi kelapa sawit Indonesia dari tahun 2008-2012 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Produksi kelapa sawit Indonesia tahun 2008 – 2012.

Tahun	Produksi Kelapa Sawit (Ton)
2008	17.539.788
2009	19.324.294
2010	21.958.120
2011	23.096.541
2012	26.015.518

Sumber: Direktorat Jenderal Perkebunan (2013)

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) adalah salah satu produk sampingan (*by-product*) berupa padatan dari industri pengolahan kelapa sawit. Ketersediaan tandan kosong kelapa sawit cukup signifikan bila ditinjau berdasarkan rerata nisbah produksi tandan kosong kelapa sawit terhadap total jumlah tandan buah

segar (TBS) yang diproses (Arif, 2012). Rerata produksi tandan kosong kelapa sawit berkisar antara 22% hingga 24% dari total berat tandan buah segar yang diproses di pabrik pengolahan kelapa sawit. Secara fisik tandan kosong kelapa sawit terdiri dari berbagai macam serat dengan komposisi antara lain selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang disajikan pada Tabel 5 (Sudiyani dkk., 2010).

Tabel 5. Komposisi Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Komposisi TKKS	Dasar Kering (%)
Selulosa	45,95
Hemiselulosa	22,84
Lignin	16,49
Abu	1,23
Nitrogen	0,53
Minyak	2,41

Sumber: Sudiyani dkk. (2010)

## 2.6 Pemanfaatan limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Pusat Penelitian Kelapa sawit (PPKS) melakukan teknologi pengomposan dengan memanfaatkan hasil limbah pabrik menjadi kompos yang memiliki nilai ekologi dan ekonomi yang tinggi. Bahan yang diperlukan untuk produksi kompos tersebut adalah limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (LCPKS). Contoh gambaran, jika sebuah pabrik kelapa sawit dengan kapasitas 30 ton/jam akan menghasilkan LCPKS 360 m<sup>3</sup>/hari dan TKKS 138 m<sup>3</sup>/hari, maka hasil perpaduan kedua limbah tersebut akan diolah menghasilkan kompos TKKS sebesar 70 ton/hari. Limbah sebanyak ini semuanya dapat diolah menjadi kompos hingga tidak menimbulkan masalah pencemaran,

sekaligus mengurangi biaya pengolahan limbah yang cukup besar (Rahmawati, 2011).

Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit sejauh ini antara lain dimanfaatkan sebagai bahan pupuk kompos, bahan pembuatan bioetanol, dan bahan penyerap air pada daerah dengan tekstur berpasir dan memiliki curah hujan rendah. Jika dilihat dari komposisi kandungan limbah tandan kosong kelapa sawit, maka limbah tandan kosong kelapa sawit juga sangat potensial apabila digunakan sebagai bahan baku pembuatan biogas dengan metode *dry fermentation* dikarenakan memiliki banyak serat dengan kandungan kadar air yang rendah.

Keunggulan kompos TKKS meliputi: kandungan kalium yang tinggi, tanpa penambahan *starter* dan bahan kimia, memperkaya unsur hara yang ada di dalam tanah, dan mampu memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi. Selain itu kompos TKKS memiliki beberapa sifat yang menguntungkan antara lain: (1) memperbaiki struktur tanah berlempung menjadi ringan; (2) membantu kelarutan unsur-unsur hara yang diperlukan bagi pertumbuhan tanaman; (3) bersifat homogen dan mengurangi risiko sebagai pembawa hama tanaman; (4) merupakan pupuk yang tidak mudah tercuci oleh air yang meresap dalam tanah dan (5) dapat diaplikasikan pada sembarang musim (Darnoko dan Sutarta, 2006).

Proses pembuatan kompos dimulai dengan pencacahan tandan kosong sawit terlebih dahulu dengan mesin pencacah kemudian bahan yang telah dicacah ditumpuk memanjang dengan ukuran lebar 2,5 m dan tinggi 1 m. Selama proses pengomposan tumpukan tersebut disiram dengan limbah cair yang berasal dari pabrik kelapa sawit. Tumpukan dibiarkan diatas semen dan dibiarkan di lantai

terbuka selama 6 minggu. Kompos dibolak-balik dengan mesin pembalik.

Setelah itu kompos siap untuk dimanfaatkan.

Darnoko dan Sutarta (2006) menyatakan bahwa dalam kompos TKKS terdapat beberapa kandungan nutrisi penting bagi tanaman. Kandungan nutrisi dalam kompos TKKS disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Kandungan nutrisi dalam kompos TKKS

Parameter	Nilai (%)
Air	45-50
Abu	12,60
N	2 – 3
C	35,10
P	0,2 – 0,4
K	4 – 6
Ca	1 – 2
Mg	0,8 – 1,0
C/N	15,03
Bahan Organik	>50%

Sumber : Darnoko dan Sutarta (2006).

Kompos TKKS dapat diaplikasikan untuk berbagai tanaman sebagai pupuk organik, baik secara tunggal maupun dikombinasikan dengan pupuk kimia.

Penelitian aplikasi kompos TKKS pada tanaman cabe telah dilakukan di Kabupaten Tanah Karo pada tahun 2002. Hasilnya menunjukkan bahwa aplikasi kompos TKKS dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi cabe yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan tanpa pupuk organik (kontrol) maupun aplikasi pupuk kandang. Aplikasi 0,25 dan 0,50 kg kompos TKKS dapat meningkatkan hasil cabe berturut-turut hingga 24% dan 45% dibanding perlakuan kontrol, sedangkan aplikasi pupuk kandang hanya dapat meningkatkan hasil sebesar 7% dibanding perlakuan kontrol (Darnoko dan Sutarta, 2006).

## 2.7. Kelayakan Usaha

Aspek finansial merupakan suatu gambaran yang bertujuan untuk menilai kelayakan suatu usaha dapat dijalankan atau tidak dapat dijalankan. Studi kelayakan terhadap aspek keuangan digunakan dalam menganalisis bagaimana prakiraan aliran kas akan terjadi. Menurut Gurning dkk. (2013), beberapa kriteria investasi yang digunakan untuk menentukan diterima atau tidaknya sesuatu usulan usaha sebagai berikut :

1. Keuntungan suatu perusahaan didapatkan dari hasil penjualan produk setelah dikurangi dengan biaya-biaya yang dikeluarkan perusahaan untuk memproduksi produk tersebut. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui besarnya keuntungan dari usaha yang dilakukan dan semakin besar keuntungan maka semakin baik.
2. *Payback Period* adalah suatu periode yang diperlukan untuk menutup kembali pengeluaran investasi (*initial cash investment*) dengan menggunakan aliran kas, yang bertujuan untuk mengetahui seberapa lama modal yang telah ditanamkan dapat kembali dalam satuan waktu.
3. *Break Event Point* (BEP) bertujuan untuk mengetahui sampai batas mana usaha yang dilakukan dapat memberikan keuntungan atau pada tingkat tidak rugi dan tidak untung. Estimasi ini digunakan dalam kaitannya antara pendapatan dan biaya.
4. *Net Present Value* (NPV) merupakan ukuran yang digunakan untuk mendapatkan hasil neto (*net benefit*) secara maksimal yang dapat dicapai dengan investasi modal atau pengorbanan sumber-sumber lain. Analisis ini

bertujuan untuk mengetahui tingkat keuntungan yang diperoleh selama umur ekonomi proyek.

5. *Net Benefit/ Cost Ratio*, perbandingan antara *present value* dari *net benefit* positif dengan *present value* dari *net benefit* negatif. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui berapa besarnya keuntungan dibandingkan dengan pengeluaran selama umur ekonomis proyek. Proyek dinyatakan layak dilaksanakan jika nilai B/C Rasio yang diperoleh lebih besar atau sama dengan satu, dan merugi atau tidak layak dilakukan jika nilai B/C Rasio yang diperoleh lebih kecil dari satu.
6. *IRR (Internal Rate of Return)* merupakan tingkat suku bunga yang dapat membuat besarnya nilai NPV dari suatu usaha sama dengan nol (0) atau yang dapat membuat nilai *Net B/C Ratio* sama dengan satu dalam jangka waktu tertentu.

## **2.8. Analisis Sensitivitas (*Sensitivity Analysis*)**

Analisis sensitivitas merupakan suatu analisis kembali untuk dapat melihat pengaruh-pengaruh yang akan terjadi akibat keadaan yang berubah-ubah. Proyek-proyek pertanian umumnya sensitif terhadap perubahan-perubahan empat variabel yaitu : harga jual output, keterlambatan pelaksanaan proyek, kenaikan biaya, dan hasil produksi. Perubahan keempat variabel tersebut akan mempengaruhi komponen *cashflow* (*inflow* atau *outflow*) yang pada akhirnya akan mempengaruhi *net benefit* dan mengubah kriteria investasi. Tujuan analisis sensitivitas adalah memperbaiki cara pelaksanaan proyek, memperbaiki desain proyek, dan mengurangi risiko kerugian (Gurning dkk., 2013).