

# PEMANFAATAN LIMBAH SAWIT UNTUK BAHAN BAKU BIO-PELLET SEBAGAI SUMBER ENERGI TERBARUKAN YANG RAMAH LINGKUNGAN

Marjohan Sjah Hidajat<sup>1</sup> dan Rudianto Amirta<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dinas Kehutanan Kabupaten Kutai Kartanegara, Tenggarong. <sup>2</sup>Laboratorium Kimia Hasil Hutan Fahutan Unmul, Samarinda

**ABSTRACT.** *Utilization of Oil Palm Waste for Raw Material of Bio-pellets as Source of Renewable and Environmental Friendly Energy.* Palm oil solid waste biomass, empty fruit bunch, shell and kernel press cake are used for the production of bio-pellet, alternative renewable-green energy in East Kalimantan, which has potential to be exported to the foreign countries. Bio-pellet production is studied in the various amount of biomass used in the presence and absence of biodiesel waste, glycerol. The first, the palm oil solid waste bio-pellet were obtained by mixing of empty fruit bunches 0–85%, shell 0–85%, kernell 5% and natural adhesive 10%, gave caloric value 4104–5117 kcal/kg. Then, this research was developed by replacing kernel to glycerol as flame inisiator. Finally, palm oil solid waste bio-pellet obtained by mixing of empty fruit bunches 50–80%, shell 10–40% and 10% of natural adhesive-glycerol, gave calorific value 5232–5354 kcal/kg, higher than the low rank coal (LRC) 3,900–4,700 kcal/kg as recently required for the electricity power plan energy in Indonesia. Addition of glycerol in the mixture was significantly increased calorific value of palm oil solid waste bio-pellet. The highest calorific value of palm oil solid waste bio-pellet was obtained from the mixture of empty fruit bunches 50–60% and shell 30–40%, in the presence 10% of adhesive-glycerol. Based on the higher calorific value, low ash contain and continue supply of palm oil solid waste biomass, production of bio-pellet from the palm oil waste biomass was promising to be used as an alternative substitution of coal energy in East Kalimantan and exported to the foreign country. In addition, utilization of palm oil solid waste bio-pellet was also potential to reduce the environmental problem.

**Kata kunci:** sawit, limbah tandan kosong, bio-pellet

Bahan bakar memainkan suatu peran penting pada sektor rumah tangga, bisnis dan industri. Pemerintah Indonesia menyadari bahwa pengembangan dan pemanfaatan energi dan bahan bakar yang berasal dari sumber-sumber terbarukan merupakan suatu hal yang harus dilakukan. Oleh karena itu sebagai salah satu dari negara yang memiliki cadangan biomassa melimpah dan juga tengah mengalami krisis energi dan bahan bakar, Pemerintah Indonesia telah mencanangkan target diversifikasi sumber-sumber energi menggantikan batu bara, gas dan minyak bumi dengan sumber-sumber energi yang terbarukan, termasuk di dalamnya dengan mengembangkan biofuel dan bioenergy yang bersumber dari pemanfaatan beragam jenis biomassa, baik yang dapat diperoleh dari sektor pertanian, perkebunan, kehutanan dan lain sebagainya. Sikap pemerintah tersebut tercermin melalui keluarnya Dekrit Presiden Republik Indonesia No. 5 tahun 2006 (Wirawan, 2006).

Terkait dengan sumber biomassa, selain memiliki kawasan hutan yang luas dan beragam, hasil pertanian yang melimpah, negara ini juga dikenal sebagai penghasil utama kelapa sawit setelah Malaysia. Saat ini industri kelapa sawit menjadi sangat penting di dunia, tidak hanya sebagai bahan utama penghasil minyak goreng, namun penggunaannya juga sudah berkembang hingga menjadi salah satu penghasil dalam industri biodiesel.

Secara nasional, kelapa sawit adalah salah satu komoditas andalan Indonesia dalam meraih devisa. Selama 20 tahun (1985-2005) tercatat pertambahan luas kebun kelapa sawit sebanyak 837%, hal ini dibuktikan dengan kontribusi minyak sawit terhadap ekspor nasional sebanyak 6%, komoditas ini juga nomor satu dari produk Indonesia di luar sektor gas dan minyak bumi. Namun, dampak positif dari perkembangan industri kelapa sawit juga menghasilkan dampak buruk bagi lingkungan apabila limbah yang dihasilkan tidak dikelola dengan baik (Goenadi dkk., 2006).

Mencermati proses pengolahan tandan buah segar (FFB) menjadi minyak sawit (crude palm oil/CPO), maka sekitar 45% dari input buah segar yang diolah, pada akhirnya akan berubah menjadi limbah padat berupa cangkang atau tempurung (shell), serabut (fiber) dan tandan kosong sawit (EFB). Setengah dari jumlah limbah padat tersebut merupakan tandan kosong sawit. Jumlah yang sangat besar bila mengingat jumlah buah sawit segar yang diolah terus meningkat dari waktu ke waktu, demikian pula kapasitas dari industri pengolahan minyak sawitnya. Sebagai contoh Provinsi Kalimantan Timur saat ini telah beroperasi beberapa perusahaan perkebunan kelapa sawit dengan realisasi luas areal penanaman yang telah mencapai 714.000 ha dan dengan tingkat produksi tahunan CPO sebesar 2,5 juta ton (produksi buah segar tahunan  $\pm$ 12,5 juta ton). Jumlah produksi yang besar tersebut ditopang dengan keberadaan 18 pabrik minyak kelapa sawit yang tersebar di sebagian besar wilayah provinsi ini (Anonim, 2010). Jika diasumsikan bahwa 20% limbah tandan kosong akan dihasilkan dari pengolahan setiap ton buah sawit segar, maka setidaknya saat ini terdapat potensi limbah sekitar 2,5 juta yang siap untuk dimanfaatkan menjadi berbagai produk yang bernilai ekonomi tinggi, satu di antaranya adalah bio-pellet (Amirta, 2010).

Sejauh ini pemanfaatan limbah padat kelapa sawit untuk menghasilkan energi baru terbatas sebagai bahan bakar padat pada ketel (boiler), terutama untuk limbah padat yang berupa cangkang/tempurung dan serabut. Khusus untuk limbah tandan kosong sawit, pemanfaatan sebagai bahan bakar padat boiler mempunyai konstrain/penghambat yaitu pada tingginya kandungan air (moisture) 60% dan polusi yang dihasilkan (Surjosatyo dan Vidian, 2004).

Limbah tandan kosong sawit sejauh ini tidak digunakan sebagai sumber energi, sehingga permasalahan yang kemudian timbul adalah melimpahnya jumlah limbah yang tertimbun pada kawasan di sekitar industri-industri pengolahan kelapa sawit tersebut (Surjosatyo dan Vidian, 2004). Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengatasi permasalahan ini, di antaranya adalah dengan mengirimkan kembali tumpukan limbah tersebut ke areal perkebunan dan menggunakannya sebagai mulsa dan pupuk alami. Ada pula yang kemudian membakarnya di areal terbuka tanpa mendapatkan manfaat lain yang mungkin jauh lebih berharga.

Menyikapi permasalahan limbah yang ada saat ini dan juga perkembangan luas perkebunan kelapa sawit yang berjalan seiring dengan pencanangan program sejuta hektar kebun kelapa sawit khususnya di Kalimantan Timur, sudah barang tentu akan berimbas terhadap meningkatnya produksi limbah tandan kosong, cangkang, serabut dan bungkil kernel sawit, maka terlahirlah sebuah pemikiran strategis untuk memanfaatkan potensi limbah yang besar tersebut sebagai bahan baku bio-pellet, yaitu sebuah produk energi yang dapat diperbaharui (*renewable energy*) dan berorientasi ekspor serta bernilai tambah secara ekonomis dan juga tentu saja menguntungkan bagi lingkungan. Tidak hanya itu, pemanfaatan limbah padat kelapa sawit sebagai bahan baku bio-pellet juga akan sangat strategis di dalam menyediakan energi alternatif yang ramah lingkungan, terutama jika dikaitkan pada upaya dari daerah dan negara ini untuk berperan aktif dalam mengurangi pemanasan global dan perubahan iklim yang disebabkan oleh emisi dari bahan bakar fosil.

Di dalam penelitian ini, aspek teknologi yang terkait dengan kesesuaian bahan baku, proses pembuatan dan kualitas dari produk bio-pellet yang dihasilkan serta perbandingannya dengan produk bio-pellet berbahan baku serat kelapa sawit dan juga batu bara sebagai sebuah sumber industri telah dipelajari. Tidak hanya itu, peluang pengembangan industri dan pemasaran bio-pellet baik secara nasional maupun internasional juga telah dipelajari.

Secara khusus penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemungkinan limbah padat kelapa sawit dapat digunakan sebagai bahan baku pada pembuatan produk energi, bio-pellet; mengetahui kualitas produk bio-pellet yang dapat dihasilkan dari pemanfaatan limbah padat kelapa sawit yang dibandingkan dengan standar yang berlaku; mengetahui pengaruh bungkil kernel sawit dan gliserol dalam meningkatkan nilai kalori bio-pellet.

Tujuan umum dilakukannya penelitian ini adalah menjadi salah satu sumber rujukan dalam pengembangan sumber energi alternatif, khususnya yang bersumber dari pemanfaatan biomassa berlignoselulosa yang berasal dari limbah industri dan perkebunan kelapa sawit; mengetahui kemungkinan dalam pengembangan industri energi hijau (*green industry*).

## **METODE PENELITIAN**

Limbah padat sawit berupa tandan kosong, cangkang dan bungkil kernel (Gambar 1) yang digunakan di dalam penelitian ini berasal dari pabrik minyak sawit milik PT Perkebunan Nusantara XIII yang berlokasi di Kabupaten Pasir, Kalimantan Timur, sedangkan bahan perekat alami yang digunakan adalah berupa tepung tapioka yang diperoleh dari pasar lokal dengan merk dagang *Rose Brand*. Bahan tambahan (aditif) berupa gliserol diperoleh dari supplier dengan merk produk *Sinar Glue-SP*.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi parang/gunting potong, mixer, mesin penyerbuk/hammer mill, alat pencetak bio-pellet (*pelletizer*), mesin tekan, furnace, gelas ukur, timbangan, oven, caliper dan bomb calorimeter.

Pembuatan bio-pellet dapat dibagi dalam lima tahap, yaitu mencakup penyediaan sumber bahan berlignoselulosa dari limbah padat sawit, pengeringan bahan baku, penghalusan bahan baku, pengkondisian dan pelletisasi.



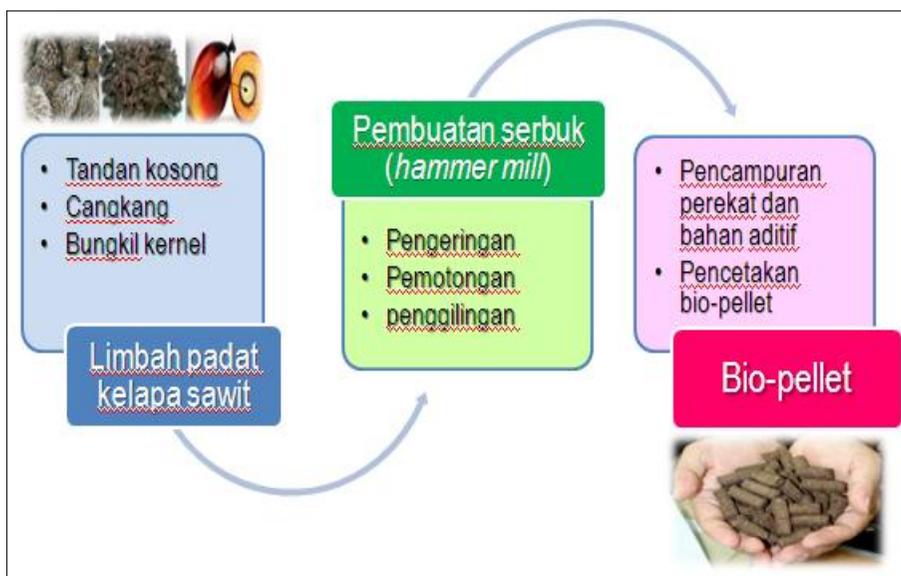
**Gambar 1. Limbah Padat Sawit yang Digunakan Sebagai Bahan Baku Bio-pellet. Tandan Kosong (Kiri), Cangkang (Tengah) dan Bungkil Kernel (Kanan)**

Bahan baku berlignoselulosa terdiri dari tandan kosong sawit, cangkang sawit, dan bungkil kernel sawit. Diperlukan bahan baku yang stabil dalam hal kadar air yaitu kurang dari 12%. Pengerinan bahan baku dilakukan secara alami yaitu dikeringkan di bawah sinar matahari selama beberapa waktu, kemudian disimpan dalam ruang kondisioning dan diuji kadar airnya, dipastikan kadar airnya <12%. Kemudian bahan-bahan tersebut diubah menjadi bentuk chip. Bahan baku dalam bentuk chip ini masih disimpan dalam ruangan kondisioning sampai masuk tahap penghalusan/(grinding).

Tahap selanjutnya dalam pembuatan bio-pellet adalah bahan baku yang berbentuk chip tersebut dihaluskan menjadi bentuk serbuk dengan menggunakan mesin hammer mill, sehingga ukuran partikel bahan baku memungkinkan untuk dapat dibuat bio-pellet sesuai alat cetak bio-pellet dan mesin tekan yang tersedia. Ukuran partikel yang dihasilkan adalah  $\leq 40$  mesh ( $\leq 0,22$  mm). Untuk mempertahankan kadar airnya, maka bahan baku dalam bentuk serbuk ini tetap disimpan di ruangan kondisioning sampai dilakukan karakterisasi dan pencetakan bio-pellet.

Bio-pellet dihasilkan dari campuran bahan baku yang telah mengalami perlakuan sebagaimana tersebut di atas, yaitu tandan kosong sawit (Tks), cangkang sawit (Cs), bungkil kernel sawit (Bks), perekat alami dan dengan atau tanpa penambahan bahan aditif gliserol. Semua bahan berdasarkan pada masing-masing rasio dicampur dalam mixer dengan kecepatan rendah dan kemudian dipelletisasi menggunakan alat pencetak bio-pellet dan pemberian tekanan sebesar 20 mmbar dengan mesin tekan merk Siempelkamp untuk mendapatkan bio-pellet dengan dimensi akhir diameter  $\pm 10$  mm dan panjang  $\pm 40$  mm. Bio-pellet yang sudah jadi segera dimasukkan ke dalam oven dengan suhu  $102 \pm 3^\circ\text{C}$  selama 24 jam untuk mempertahankan kestabilan dimensi. Setelah dikeringkan kemudian disimpan di dalam ruang kondisioning dan diuji karakteristiknya untuk mengetahui kualitas yang dimilikinya.

Secara singkat proses pembuatan bio-pellet tersebut dapat dicermati melalui bagan alir proses yang termuat di dalam Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Proses Pembuatan Bio-pellet

Untuk mengetahui peta data nilai kalori yang lebih lengkap dari bio-pellet, maka dalam penelitian ini pada tahap pertama adalah menggunakan rasio campuran tandan kosong sawit (Tks) dengan tingkat penggunaan berkisar 0–85%, demikian juga penggunaan cangkang sawit (Cs) berkisar 0–85% dan bungkil kernel 5% serta perekat alami 10% untuk masing-masing rasio, sebagaimana tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Rasio/Komposisi Campuran Bahan Baku Bio-pellet Tanpa Aditif

| No. | Rasio/komposisi (%) |    |     |         |
|-----|---------------------|----|-----|---------|
|     | Tks                 | Cs | Bks | Tapioka |
| 1   | 85                  | 0  | 5   | 10      |
| 2   | 75                  | 10 | 5   | 10      |
| 3   | 65                  | 20 | 5   | 10      |
| 4   | 55                  | 30 | 5   | 10      |
| 5   | 45                  | 40 | 5   | 10      |
| 6   | 35                  | 50 | 5   | 10      |
| 7   | 25                  | 60 | 5   | 10      |
| 8   | 15                  | 70 | 5   | 10      |
| 9   | 0                   | 85 | 5   | 10      |

Kemudian pada tahap selanjutnya rasio campuran bahan dikembangkan dengan menempatkan penggunaan bahan limbah tandan kosong sawit sebagai substansi utama (main factor) penyusun bio-pellet dengan tingkat penggunaan berkisar 50–80%, sedangkan cangkang dan perekat serta aditif sebagai faktor minor masing-masing dengan kisaran 10–40% dan 5% (Tabel 2).

**Tabel 2. Rasio/Komposisi Campuran Bahan Baku Bio-pellet dengan Aditif Gliserol**

| No. | Rasio/komposisi (%) |    |          |         |
|-----|---------------------|----|----------|---------|
|     | Tks                 | Cs | Gliserol | Tapioka |
| 1   | 80                  | 10 | 5        | 5       |
| 2   | 70                  | 20 | 5        | 5       |
| 3   | 60                  | 30 | 5        | 5       |
| 4   | 50                  | 40 | 5        | 5       |

Dikarenakan jumlahnya yang melimpah, tandan kosong sawit diharapkan dapat menjadi komponen utama pembentuk dan pengisi dari produk energi ini, sedangkan limbah bungkil dari pemrosesan kernel dan juga gliserol sengaja digunakan untuk meningkatkan nilai kalori, karena gliserol mempunyai nilai kalori yang cukup tinggi yaitu 4.707 kkal/kg dan juga memudahkan proses inisiasi pembakaran dari produk bio-pellet yang dihasilkan (Melero dkk., 2007; Brandy dkk., 2009; Chaiyaomporn dan Chavalparit, 2010). Demikian pula cangkang yang memang diketahui memiliki nilai kalori lebih tinggi daripada tandan kosong sawit.

Untuk mengetahui karakteristik dan mutu dari bahan baku maupun produk bio-pellet yang dihasilkan, terutama guna mengevaluasi komposisi terbaik yang dapat dikembangkan lebih lanjut, maka rangkaian pengujian dilakukan dengan mengacu pada metode-metode pengujian ASTM untuk batu bara sebagaimana termuat pada Tabel 3, karena bio-pellet yang dihasilkan diharapkan dapat menggantikan peran batu bara pada masa depan.

**Tabel 3. Parameter Pengujian dari Bio-pellet dan Metode Pengujiannya**

| No | Parameter      | Metode  |
|----|----------------|---|
| 1  | Nilai panas    | Bomb calorimeter (ASTM D1989-97)                                    |
| 2  | Kadar air      | Dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam. (ASTM D3173)   |
| 3  | Kadar abu      | Dibakar di furnace pada suhu 750°C selama 30 menit (ASTM D3174)     |
| 4  | Karbon terikat | Dibakar di furnace pada suhu 950°C selama 30 menit (ASTM D3174)     |
| 5  | Kerapatan/BJ   | Massa dibagi volume pellet (ASTM D6347)                             |
| 6  | Zat terbang    | 100 dikurangi kadar air, kadar abu, dan karbon terikat (ASTM D3172) |

Sumber: Chaiyaomporn dan Chavalparit (2010)

Penelitian ini bersifat deskriptif komparatif, maka tidak dilakukan analisis statistik. Pengujian setiap parameter dilakukan sebanyak tiga kali ulangan. Kemudian data yang didapat diolah dan dibandingkan dengan data hasil penelitian sejenis yang sudah ada dan dibandingkan dengan standar mutu yang berlaku untuk mengetahui apakah data hasil penelitian memenuhi persyaratan mutu yang berlaku.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Karakterisasi Awal dari Bahan Baku Limbah Tandan Kosong dan Cangkang Sawit

Terlebih dahulu limbah tandan kosong dan cangkang sawit dianalisis sifat-sifat fisika dan kimianya guna mendapatkan gambaran awal dari bahan baku yang

digunakan. Sebagaimana yang tampak pada data Tabel 4, cangkang sawit memiliki nilai kalori yang jauh lebih tinggi dibandingkan tandan kosong sawit, walaupun karbon terikat cangkang lebih rendah daripada tandan kosong. Nilai kalori dari cangkang yang tinggi inilah yang melatarbelakangi penggunaannya secara langsung sebagai bahan bakar pada boiler-boiler di lingkungan industri minyak sawit sendiri, namun tidak demikian dengan tandan kosong sawit. Tidak hanya itu, nilai kalori yang tinggi dari cangkang sawit juga telah mendorong berkembangnya transaksi jual-beli dan meningkatnya permintaan akan limbah cangkang sawit di pasaran energi, baik untuk kebutuhan nasional maupun pembangkit listrik di kawasan regional Asia.

**Tabel 4. Sifat Fisika dan Kimia dari Bahan Baku Limbah Tandan Kosong dan Cangkang Kelapa Sawit**

| Komposisi                      | Tandan kosong sawit | Cangkang sawit |
|--------------------------------|---------------------|----------------|
| Kadar air (%)                  | 3,69                | 9,13           |
| Kadar abu (%)                  | 6,48                | 1,90           |
| Karbon terikat (%)             | 4,65                | 1,54           |
| Zat terbang (%)                | 85,18               | 86,90          |
| Kerapatan (g/cm <sup>3</sup> ) | 0,41                | 0,51           |
| Nilai panas/kalori (kkal/kg)   | 4.100               | 4.713          |

### **Bio-pellet dari Tandan Kosong Sawit dengan Bungkil Kernel sebagai Inisiator Peningkatan Panas**

Peran bungkil kernel sebagai inisiator dalam meningkatkan nilai panas/kalori dari produk bio-pellet limbah padat kelapa sawit telah dipelajari.

**Tabel 5. Kualitas dari Produk Bio-pellet Limbah Tandan Kosong Sawit dengan Penambahan Bungkil Kernel sebagai Inisiator Peningkatan Panas/Nilai Kalori**

| Komposisi campuran (%) |    |     |     | Kadar air (%) | Kerapatan (g/cm <sup>3</sup> ) | Abu (%)   | Karbon terikat (%) | Zat terbang (%) |
|------------------------|----|-----|-----|---------------|--------------------------------|-----------|--------------------|-----------------|
| Tks                    | Cs | Bks | Tap |               |                                |           |                    |                 |
| 85                     | 0  | 5   | 10  | 4,36±0,05     | 0,81±0,01                      | 5,70±0,07 | 4,61±0,06          | 85,34±0,07      |
| 75                     | 10 | 5   | 10  | 5,55±0,09     | 0,85±0,01                      | 3,98±0,04 | 3,83±0,01          | 86,64±0,03      |
| 65                     | 20 | 5   | 10  | 6,71±0,02     | 0,91±0,00                      | 3,47±0,03 | 3,18±0,10          | 86,65±0,00      |
| 55                     | 30 | 5   | 10  | 6,84±0,00     | 0,91±0,00                      | 3,49±0,00 | 3,02±0,00          | 86,65±0,05      |
| 45                     | 40 | 5   | 10  | 9,13±0,12     | 1,06±0,00                      | 2,58±0,05 | 1,62±0,01          | 86,67±0,00      |
| 35                     | 50 | 5   | 10  | 9,15±0,08     | 1,11±0,00                      | 2,39±0,06 | 1,58±0,05          | 86,87±0,05      |
| 25                     | 60 | 5   | 10  | 9,01±0,37     | 1,15±0,01                      | 2,27±0,18 | 1,57±0,02          | 87,15±0,02      |
| 15                     | 70 | 5   | 10  | 8,89±0,21     | 1,22±0,00                      | 2,23±0,03 | 1,53±0,17          | 87,35±0,17      |
| 0                      | 85 | 5   | 10  | 9,19±0,32     | 1,32±0,02                      | 1,97±0,00 | 1,48±0,06          | 87,36±0,00      |

Keterangan: Tks = tandan kosong sawit. Cs = cangkang sawit. Bks = bungkil kernel sawit. Tap = tapioka. Nilai pengujian merupakan rata-rata dari 3 kali ulangan. ± = standar deviasi

Penggunaan limbah bungkil kernel sebagai inisiator peningkatan panas didasarkan pada sifat awal dari kernel itu sendiri yang cenderung masih memiliki kandungan minyak yang tinggi. Keberadaan kandungan minyak inilah yang diharapkan dapat menjadi inisiator peningkatan nilai kalor serta memudahkan

terbakarnya produk bio-pellet yang dihasilkan. Sebagaimana tercantum pada Tabel 5 di atas, komposisi bahan baku dengan berbagai variasi jumlah tandan kosong dan cangkang serta jumlah yang tetap dari bungkil kernel dan perekat alami, masing-masing 5 dan 10% telah digunakan untuk memetakan kualitas dari produk bio-pellet yang dihasilkan.

Pada Tabel 5 terlihat, bahwa ada lima parameter yang telah diukur yaitu kadar air, kerapatan, abu, karbon terikat dan zat terbang yang menunjukkan penurunan atau peningkatan seiring dengan penurunan Tks dan peningkatan kehadiran Cs. Hal ini karena dipengaruhi oleh sifat asal dari bahan baku Tks dan Cs dalam bentuk aslinya sebagaimana hasil pengujian terhadap lima parameter bahan baku yang tercantum pada Tabel 4.

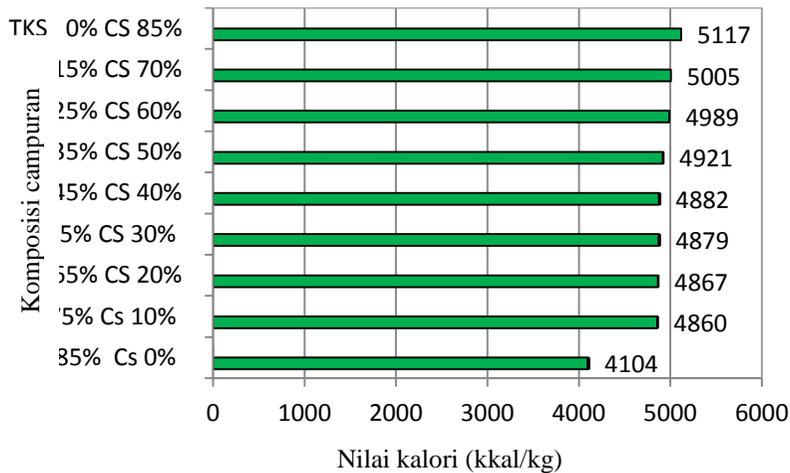
Pada pengujian kadar air dari sembilan komposisi bio-pellet dengan menurunkan kehadiran Tks sekaligus meningkatkan kehadiran Cs, ternyata meningkatkan kadar air bio-pellet. Hal ini sesuai dengan kadar air bahan baku yaitu masing-masing 3,69% untuk Tks dan 9,13% untuk Cs sebagaimana tercantum pada Tabel 4. Cs mempunyai kadar air yang jauh lebih tinggi daripada Tks, sehingga sangat beralasan jika peningkatan kehadiran Cs menyebabkan peningkatan kadar air bio-pellet.

Nilai kerapatan bio-pellet terlihat semakin besar seiring menurunnya kehadiran Tks, namun berbanding lurus dengan peningkatan kehadiran Cs, hal ini sesuai dengan sifat kerapatan dari masing-masing Tks dan Cs, yang mana pada Tabel 4 terlihat kerapatan Cs ( $0,51 \text{ g/cm}^3$ ) lebih tinggi daripada Tks ( $0,41 \text{ g/cm}^3$ ).

Pada pengujian kandungan abu bio-pellet, seiring dengan penurunan kehadiran Tks sekaligus peningkatan kehadiran Cs ternyata menyebabkan penurunan persentase abu bio-pellet. Hal ini disebabkan dalam bentuk asalnya kadar abu Cs (1,90%) lebih rendah daripada kadar abu Tks (6,48%) seperti tercantum pada Tabel 4.

Untuk pengujian karbon terikat bio-pellet, ternyata terjadi penurunan persentase karbon terikat seiring dengan menurunnya kehadiran Tks, namun berbanding terbalik dengan meningkatnya kehadiran Cs. Hal ini disebabkan terdapat pengaruh yang kuat dari keadaan asal bahan baku yaitu sebelum Tks dan Cs dikombinasikan menjadi bentuk pellet, seperti tercantum pada Tabel 4, yang mana persentase karbon terikat Tks (4,65%) lebih tinggi daripada Cs (1,54%).

Dalam hal pengujian zat terbang, persentase zat terbang Tks dan Cs dalam bentuk asalnya mempengaruhi persentase zat terbang bio-pellet yang terbentuk. Dari sembilan macam komposisi sebagaimana tercantum pada Tabel 7, terlihat peningkatan persentase zat terbang berbanding terbalik dengan penurunan kehadiran Tks tapi berbanding lurus dengan peningkatan kehadiran Cs. Hal ini sesuai dengan sifat asal bahan baku yaitu persentase zat terbang Tks (85,18%) lebih rendah daripada Cs (86,90%) sebagaimana tercantum pada Tabel 4. Nilai kalori yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Nilai Kalori Bio-pellet dari Limbah Padat Kelapa Sawit dengan Inisiator Bungkil Kernel Sawit. Tks = tandan kosong sawit. Cs = cangkang sawit. Setiap komposisi ditambah campuran masing-masing 5% bungkil kernel sawit dan 10% tapioka. Nilai pengujian merupakan rata-rata dari 3 kali ulangan. standar deviasi = 2, 3, 3, 8, 8, 4, 4, 4, 4

Pada Gambar 3 terlihat, bahwa penambahan 5% bungkil kernel tidak cukup efektif untuk meningkatkan secara signifikan nilai kalori/panas dari produk bio-pellet yang dihasilkan. Peningkatan nilai panas/kalori justru diperoleh dari penambahan jumlah penggunaan cangkang sawit di dalam campuran bahan. Hanya dengan menambahkan 10% cangkang sawit pada campuran telah dapat dihasilkan bio-pellet dengan peningkatan nilai kalor lebih dari 700 kkal/g. Hal ini terlihat jelas pada komposisi campuran Tks 85% yang kemudian dimodifikasi dengan menurunkan 10% jumlah Tks serta menggantikannya dengan limbah cangkang (perubahan ini diikuti dengan peningkatan nilai kalori dari 4.101 menjadi 4.860 kkal/kg). Hal ini beralasan mengingat bahwa cangkang sawit memang memiliki nilai kalori yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan tandan kosong (Tabel 4). Namun, peningkatan yang sangat besar tersebut tidak berlanjut pada penambahan jumlah cangkang yang lebih besar, baik itu yang berasal dari 20, 30, 40, 50, 60, 70 maupun 85%. Penambahan jumlah cangkang lebih dari 20% pada komposisi campuran hanya diikuti dengan perubahan yang sangat kecil dari nilai panas/kalori bio-pellet yang dihasilkan (< 100 kkal/kg).

### **Bio-pellet dari Tandan Kosong Sawit dengan Gliserol sebagai Inisiator Peningkatan Panas**

Gliserol mempunyai sifat sebagai sumber energi yang baik dan bila dijadikan sebagai aditif pada bahan bakar akan mampu menjaga kestabilan pembakaran dari bahan bakar, sehingga dapat meningkatkan nilai panas/kalori bahan bakar tersebut (Melero dkk., 2007; Brandy dkk., 2009). Tidak hanya itu, gliserol yang diperoleh dari limbah biodiesel dilaporkan pula mampu menjadi bahan aditif yang baik dan

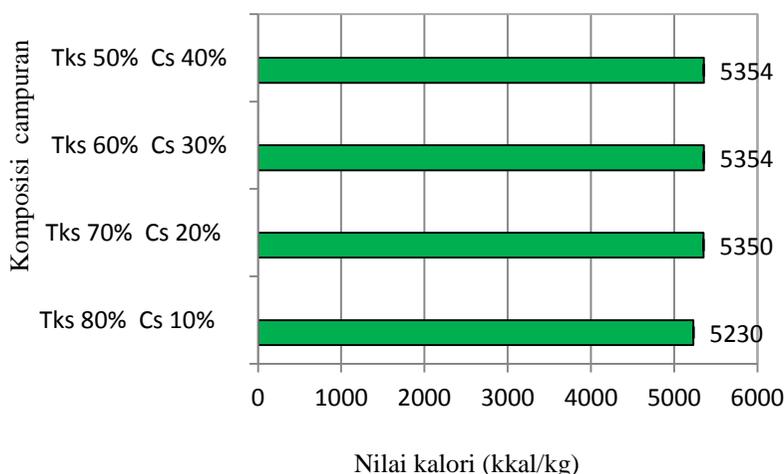
berperan dalam meningkatkan nilai panas/kalor dari bio-pellet berbahan baku campuran cangkang dan serat mesocarp kelapa sawit (Chaiyomporn dan Chavalparit, 2010). Bertitik tolak dari pernyataan-pernyataan tersebut, dalam penelitian ini gliserol juga telah digunakan sebagai inisiator atau bahan tambahan (aditif) untuk meningkatkan perolehan panas/nilai kalori dari produk bio-pellet yang dihasilkan seperti terlihat pada Tabel 6 dan Gambar 4.

**Tabel 6. Karakterisasi dari Produk Bio-pellet Limbah Tandan Kosong Sawit dengan Gliserol sebagai Inisiator Peningkatan Panas/Nilai Kalor**

| Komposisi campuran (%) |    |     |     | Kadar air (%) | Kerapatan (g/cm <sup>3</sup> ) | Abu (%)   | Karbon terikat (%) | Zat terbang (%) |
|------------------------|----|-----|-----|---------------|--------------------------------|-----------|--------------------|-----------------|
| Tks                    | Cs | Gli | Tap |               |                                |           |                    |                 |
| 80                     | 10 | 5   | 5   | 4,36±0,00     | 0,91±0,00                      | 3,52±0,01 | 3,06±0,05          | 89,06±0,01      |
| 70                     | 20 | 5   | 5   | 4,35±0,01     | 0,91±0,00                      | 3,05±0,02 | 2,54±0,00          | 90,06±0,02      |
| 60                     | 30 | 5   | 5   | 4,56±0,00     | 0,91±0,00                      | 3,00±0,00 | 2,00±0,00          | 90,64±0,00      |
| 50                     | 40 | 5   | 5   | 4,35±0,00     | 0,91±0,00                      | 3,00±0,00 | 3,00±0,00          | 90,65±0,00      |

Keterangan: Tks = tandan kosong sawit. Cs = cangkang sawit. Gli = gliserol. Tap = tapioka. Nilai pengujian merupakan rata-rata dari 3 kali ulangan. ± = standar deviasi

Pada Tabel 6 terlihat, bahwa tingkat kehadiran gliserol yang tetap ternyata memberikan hasil yang relatif seragam terhadap semua karakteristik bio-pellet yang dihasilkan, baik kadar air, kerapatan, kadar abu, karbon terikat dan zat terbang, walaupun terdapat perubahan tingkat kehadiran Tks dan Cs. Hal tersebut berbeda dengan penelitian tahap awal yang tidak menyertakan kehadiran gliserol (Tabel 5), yang mana dengan adanya perubahan tingkat kehadiran Tks/Cs diikuti juga perubahan untuk setiap karakteristik bio-pellet yang dihasilkan. Hasil pengujian kalorinya dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4. Nilai Kalori Bio-pellet dari Limbah Padat Kelapa Sawit dengan Inisiator Gliserol.** Tks = tandan kosong sawit. Cs = cangkang sawit. Setiap komposisi ditambah campuran masing-masing 5% gliserol dan 5% tapioka. Nilai pengujian merupakan rata-rata dari 3 kali ulangan. standar deviasi = 2, 3, 3, 3

Terlihat pada Gambar 4, bahwa penambahan 5% gliserol pada campuran bahan baku mampu meningkatkan nilai kalori hingga lebih dari 5.000 kkal/kg. Nilai kalori yang lebih dari 5.000 kkal/kg ini diperoleh dari komposisi campuran limbah tandan kosong dan cangkang sawit masing-masing pada kisaran 50–80% serta 10–40%, sedangkan hasil tertinggi diperoleh dari campuran 50–60% tandan kosong dan 30–40% cangkang sawit dengan jumlah gliserol dan perekat alami yang ditambahkan adalah tetap, yaitu masing-masing sebesar 5% (5.354 kkal/kg).

Secara umum, kadar abu, kerapatan, tingkat panas/nilai kalori, karbon terikat dan juga zat terbang sangat menentukan dan berdampak pada kualitas pellet yang dihasilkan. Sebagai contoh, kadar abu yang rendah mengindikasikan mudahnya bahan tersebut terbakar; kerapatan yang tinggi memudahkan pada saat transportasi dan pemindahan produk dan nilai panas/kalori dari bio-pellet harus dibuat cukup tinggi untuk memenuhi kebutuhan industri yang menggunakannya; sedangkan karbon terikat dan zat terbang yang tinggi dapat menggambarkan bahwa bahan tersebut mudah terbakar, namun memiliki asap yang cukup banyak (Chaiyaomporn dan Chavalparit, 2010). Pengaruh kadar air adalah semakin tinggi kadar air akan semakin menurunkan nilai kalori, karena sebagian kalori akan dipakai untuk menguapkan kadar air internal bahan, namun sebaliknya bahwa semakin rendah kadar air akan semakin meningkatkan nilai kalori bahan (Anonim, 2010).

Data yang tercantum pada Tabel 5 dan 6 serta Gambar 3 dan 4 menunjukkan, bahwa semua karakteristik bio-pellet dari keseluruhan rasio/komposisi ternyata masuk dalam rentang nilai standar PFI (Amerika Utara) maupun Standar EN 14961-1 (Uni Eropa), kecuali untuk bio-pellet dengan rasio Tks 85% Cs 0% Bks 5% Tap 10% mempunyai kadar abu 5,70% sedikit di atas kadar abu yang dipersyaratkan oleh standar PFI (untuk mutu standar PFI adalah  $\leq 3,00\%$ ) dan nilai kalorinya 4104 kkal/kg adalah lebih rendah dari standar pasar di Amerika Utara (18000–19000 Btu = 4536–4788 kkal/kg).

### **Peluang Industri Bio-pellet di Kalimantan Timur**

Peluang pengembangan industri dan produksi bio-pellet sangat bergantung pada tingkat permintaan terhadap produk ini di pasar energi, baik itu yang berasal dari dalam negeri (domestik), maupun dari luar negeri. Nilai kalori yang cukup tinggi yaitu dengan kisaran 4104–5354 kkal/kg, maka selain berpeluang menjadi sumber energi bagi pembangkit tenaga listrik, bio-pellet limbah tandan kosong sawit berpeluang juga menjadi sumber energi untuk jenis industri yang lain seperti pembakaran umum seperti pada industri bata atau genteng dan industri semen, karena jenis-jenis industri ini biasa menggunakan batu bara berkalori 3000–5200 kkal/kg (Sukandarrumidi, 2004) dan tidak menutup kemungkinan dapat digunakan sebagai sumber energi industri besi baja serta industri kimia khususnya bio-pellet limbah tandan kosong sawit berinisiatif gliserol dengan nilai kalori 5230–5354 untuk menggantikan batu bara metalurgi (metallurgical coal atau cooking coal) yang mempunyai nilai kalori 5200–6300 kkal/kg (Sukandarrumidi, 2004). Oleh karena itu, Kalimantan Timur berpeluang menjadi sentra pengembangan industri bio-pellet berbahan baku limbah padat kelapa sawit, mengingat luas perkebunan dan tingkat produksi minyak sawit yang telah dimiliki saat ini.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Limbah padat kelapa sawit termasuk tandan kosong dapat digunakan sebagai bahan baku bio-pellet. Semua karakteristik bio-pellet yang dihasilkan dari keseluruhan rasio/komposisi memenuhi persyaratan dari standar bio-pellet yang berlaku (standar PFI, standar EN 14961-1).

Berdasarkan pada nilai kalori yang tinggi, kadar abu yang relatif rendah serta ketersediaannya dalam jumlah yang cukup, maka usaha/produksi bio-pellet berbahan baku limbah padat sawit sangat berpotensi untuk dikembangkan. Nilai kalori yang cukup tinggi yaitu dengan kisaran 4104–5354 kkal/kg, maka bio-pellet dari limbah padat sawit berpeluang sebagai sumber energi pembangkit listrik, pembakaran umum seperti halnya industri bata atau genting atau industri semen dan bisa menggantikan batu bara metalurgi untuk industri besi baja serta industri kimia.

### Saran

Hasil penelitian ini dapat dipakai sebagai bahan rujukan untuk pengambilan kebijakan dalam rangka mencari/sumber-sumber energi alternatif ramah lingkungan.

Penelitian ini masih bisa diperkaya dengan ragam rasio yang lain dari bahan baku penyusun bio-pellet, misalnya dibuat rasio dengan tingkat kehadiran gliserol yang meningkat yang ditambahkan kepada tandan kosong sawit untuk melihat pengaruh gliserol terhadap perbaikan karakteristik bio-pellet termasuk nilai kalorinya.

Sebagai bahan pembanding, maka perlu diadakan penelitian lanjutan dengan mengambil bahan baku dari lokasi yang berbeda.

Agar menjadi lebih aplikatif, maka perlu dibuat mesin pembuat bio-pellet yang spesifikasinya sama antara yang digunakan di laboratorium dan yang akan digunakan di masyarakat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amirta, R. 2010. Potential Utilization of Tropical Lignocellulosic Biomass for Biofuels-bioenergy Production in East Kalimantan. Proceeding of JSPS Exchange Program for East Asian Young Researchers: "Fostering Program of Leading Young Scientists toward the Establishment of Humanosphere Science in East Asia", Shigaraki, Kyoto, Japan.
- Anonim. 2010. Why Use Wood Pellet Fuel for Heating, USA. 5 h.
- Brandy, S.; K. Tam; G. Leung and C. Salam. 2009. Zero Waste Biodiesel: Using Glycerin and Biomass to Create Renewable Energy. UCR Undergraduate Research Journal 5–11.
- Chaiyaomporn, K. and O. Chavalparit. 2010. Fuel Pellets Production from Biodiesel Waste. Environment Asia 3 (1): 103–110.
- Goenadi, A.; S. Hadi dan M. Firman. 2006. Prospek Industri Minyak Sawit di Indonesia, Jakarta. 37 h.
- Melero, J.A.; R. van Grieken; G. Morales and M. Paniagua. 2007. Acidic Mesoporous Silica for the Acetylation of Glycerol: Synthesis of Bioadditives to Petrol Fuel. Energy Fuels 21 (3): 1782–1791.

- Sukandarrumidi. 2004. Batu Bara dan Gambut. Gadjah Mada Univ. Press, Yogyakarta.
- Surjosatyo, A. dan F. Vidian. 2004. Studi Co-gasifikasi Tandan Kosong dan Tempurung Kelapa Sawit Menggunakan Gasifier Aliran ke Bawah. Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses, Jakarta. h 13–27.
- Wirawan, S. 2006. Current and Future Usage of Biofuels in Indonesia. Proceeding of Australia – Indonesia Joint Symposium in Science and Technology, Jakarta. 26 h.

