

**KUANTIFIKASI DAN PEMANFAATAN LIMBAH  
*Eucalyptus pellita* DI HUTAN TANAMAN SEBAGAI  
BAHAN BAKU ENERGI BIOMASSA**



**DEPARTEMEN MANAJEMEN HUTAN  
FAKULTAS KEHUTANAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR**

## DAFTAR ISI

|   |   |
|---|---|
| PENDAHULUAN   | 1 |
| Latar Belakang  | 1 |
| Tujuan Penelitian                                     | 1 |
| Manfaat Penelitian                                    | 1 |
| METODE  | 2 |
| Lokasi dan Waktu Penelitian                           | 2 |
| Alat dan Bahan  | 2 |
| Jenis Data yang Dikumpulkan                           | 2 |
| Prosedur Analisis Data                                | 2 |
| Pengukuran Volume Limbah                              | 2 |
| Pengukuran Potensi Biomassa Limbah                    | 2 |
| Persiapan Bahan Baku                                  | 3 |
| Analisis Proksimat Kayu                               | 3 |
| Kadar Air   | 3 |
| Kadar Zat Terbang                                     | 3 |
| Kadar Abu   | 3 |
| Kadar Karbon Terikat ( <i>fixed carbon</i> )          | 3 |
| Nilai Kalor   | 3 |
| Pengolahan dan Analisis Data                          | 3 |
| HASIL DAN PEMBAHASAN                                  | 4 |
| Identifikasi Bentuk Limbah Hasil Pemanenan            | 4 |
| Keadaan Umum Lokasi Penelitian                        | 4 |
| Potensi Limbah Kayu Penebangan                        | 5 |
| Potensi Limbah Tempat Penumpukan Kayu/TPn             | 6 |
| Analisis Proksimat Kayu Sebagai Bahan Energi Biomassa | 7 |
| SIMPULAN DAN SARAN                                    | 8 |
| Simpulan  | 8 |
| Saran   | 8 |
| DAFTAR PUSTAKA  | 9 |

# KUANTIFIKASI DAN PEMANFAATAN LIMBAH *Eucalyptus pellita* DI HUTAN TANAMAN SEBAGAI BAHAN BAKU ENERGI BIOMASSA

Ujang Suwarna<sup>(1\*)</sup>, Nurul Syahdah S<sup>(2)</sup>

<sup>1,2</sup>Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB

\*Penulis Korespondensi

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Energi merupakan sumber kehidupan seluruh makhluk hidup di muka bumi, khususnya manusia. Secara umum, energi dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu energi yang tidak dapat diperbaharui dan energi yang dapat diperbaharui. Energi fosil sangat disukai sebagai sumber energi karena mempunyai nilai kalor yang tinggi dan mudah terbakar. Namun, masalahnya proses pembentukan energi fosil sangat lama bahkan membutuhkan waktu hingga jutaan tahun. Telah terjadi penyusutan cadangan minyak dan gas di seluruh dunia sehingga menyebabkan kenaikan harga pada setiap tahunnya.

Melihat kenyataan tersebut manusia mulai menggunakan sumber energi yang dapat diperbaharui. Salah satu sumber energi tersebut berasal dari siklus biologis, yang dinamakan biomassa. Sumber energi biomassa selain bersifat terbarukan (*renewable energy*), juga bersifat ramah lingkungan jika dikelola secara berkelanjutan, dengan kadar CO<sub>2</sub> yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan energi fosil serta kandungan sulfur dan *heavy metal* yang relatif rendah. Walaupun pembakaran biomassa menghasilkan karbondioksida tetapi akan diseimbangkan kembali oleh tumbuhan, sehingga tidak ada penimbunan karbondioksida dalam atmosfer dan keberadaannya terus berimbang.

Volume kayu yang dimanfaatkan lebih kecil dibandingkan volume kayu yang ditebang, sehingga terdapat kayu-kayu yang tidak terangkut di petak tebangan dan di Tempat Pengumpulan Kayu (TPn) berupa limbah (Muhdi 2003). Dalam proses pemanfaatan kayu selalu terjadi limbah kayu yang sebanding dengan jumlah biomasa yang diolah. Keberadaan limbah ini sering kali diabaikan, karena pemanfaatan dianggap menyulitkan dan mahal. Limbah pemanenan sering timbul akibat kesalahan teknis di lapangan dan juga akibat kebijakan perencanaan pemanenan yang kurang tepat. Padahal disisi lain, pemanfaatan limbah pemanenan dapat memaksimalkan potensi tegakan, serta dapat meningkatkan nilai ekonomi perusahaan. Menurut Mulyasari (2013), sifat-sifat kayu yang dapat digunakan sebagai sumber energi adalah berasal dari jenis dengan pertumbuhan cepat (3-5 tahun dapat dipanen), percabangan lebat, riap tinggi, mudah tumbuh pada berbagai kondisi tempat tumbuh, cepat bertunas setelah dipangkas, dan memiliki nilai kalor yang tinggi. Oleh karena itu penelitian tentang potensi pemanfaatan limbah menjadi dasar penilaian kesesuaian jenis *Eucalyptus pellita* sebagai sumber bahan baku energi biomassa.

### Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui besarnya kuantitas limbah *Eucalyptus pellita* dalam pemanenan di Hutan Tanaman Industri (PT. Musi Hutan Persada).
2. Mengetahui besarnya pemanfaatan limbah *Eucalyptus pellita* sebagai bahan baku energi biomassa.
3. Mengetahui potensi energi biomassa yang terkandung pada limbah *Eucalyptus pellita* yang dinyatakan dalam pengujian nilai kalor.

### Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan bagi PT. Musi Hutan Persada sebagai usaha dalam meminimalkan limbah pemanenan *Eucalyptus pellita* dan menjadi salah satu alternatif dalam meningkatkan efektifitas dan efisiensi pemanenan dengan mengurangi anggaran perusahaan serta dapat mengoptimalkan pemanfaatan limbah menjadi energi biomassa.

## METODE

### Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT. Musi Hutan Persada, Jalan Raya PT. TEL Desa Banuayu, Kec. Empat Petulai Dangku Muara Enim Sumatera Selatan. Pelaksanaan penelitian dilakukan pada bulan Februari 2020 dan dilanjutkan pada bulan maret 2020 di Laboratorium Kimia Hasil Hutan Departemen Hasil Hutan, Institut Pertanian Bogor. Pengujian nilai kalor dilakukan di Balai Penelitian Ternak Ciawi-Bogor.

### Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam proses pengambilan data dilapang yaitu alat tulis, kamera, pita ukur, *phiband*, tali tambang, tali rafia, plastik, dan *tally sheet*. Peralatan yang digunakan untuk persiapan bahan baku antara lain alat pemotong kayu, *wiley mill*, saringan bertingkat. Peralatan yang digunakan untuk pengujian proksimat berupa oven, desikator, timbangan digital, cawan porselin, tanur listrik, dan *bomb calorimeter*. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer yang dimaksud adalah limbah dari tegakan *Eucalyptus pellita* berupa tunggak, batang, ranting dan kulit.

### Jenis Data yang Dikumpulkan

Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer terbagi menjadi dua, yaitu (1) data yang diperoleh dengan cara pengukuran dan pengambilan langsung di lapangan. Data tersebut berupa penghitungan volume limbah pemanenan antara lain, tunggak yang ditinggalkan, pangkal batang, cabang dan kulit yang diukur menggunakan pita ukur dan *phiband*; (2) data pengujian analisis proksimat kayu berupa kadar air, kadar zat terbang, kadar abu, kadar karbon terikat (*fixed carbon*) dan nilai kalor. Selain itu, dibutuhkan juga data sekunder mengenai volume pohon berdiri, kondisi umum lokasi penelitian, luas dan letak petak tebang, potensi hutan, dan sistem pemanenan kayu.

### Prosedur Analisis Data

#### Pengukuran Volume Limbah

Penentuan petak contoh dilakukan dengan metode *purposive* yaitu mengikuti kegiatan yang sedang berlangsung di lapangan. Petak contoh yang dipilih adalah dua petak tebang. Teknik pengambilan data dilakukan dengan membuat plot sampel berbentuk persegi berukuran 5x5 m secara *systematic random sampling*. Plot dibuat pada tegakan *Eucalyptus pellita* berdasarkan nomor petak tebangan yang berada di dalam kawasan hutan. Perhitungan limbah yang dimanfaatkan dihitung menggunakan rumus empiris Brereton sebagai berikut (Soenarno *et al.* 2016):

$$Volume\ Limbah\ (m^3) = 1/4 \pi \left( \frac{1/2(Dp+Du)}{100} \right)^2 P$$

Keterangan (*Remarks*):

Dp = Diameter pangkal (cm)

$\pi$  = Konstanta (3,14)

Du = Diameter ujung (cm)

P = Panjang limbah (m)

#### Pengukuran Potensi Biomassa Limbah

Nilai volume limbah kemudian dikalikan dengan berat jenis. Untuk berat jenis *Eucalyptus pellita* sendiri menggunakan hasil penelitian (Mandang & Pandit 2002) yaitu sebesar 570 kg/m<sup>3</sup>. Biomassa tegakan kemudian dapat dihitung dengan :

$$Biomassa\ Limbah = V\ limbah \times B$$

### Persiapan Bahan Baku

Sampel kayu untuk analisis proksimat disiapkan dalam bentuk serbuk berukuran 40-60 mesh. Kayu dicacah dan digiling dengan alat *willey mill*. Serbuk kayu 40-60 mesh diperoleh melalui proses penyaringan bertingkat. Penyiapan serbuk untuk analisis kimia ini mengacu pada standar TAPPI T 246 om-88 (TAPPI 1996) tentang penyiapan sampel uji kayu untuk analisis kimia.

### Analisis Proksimat Kayu

Analisis proksimat meliputi kadar air, kadar zat terbang, kadar abu, karbon terikat dan nilai kalor. Pengujian ini mengacu dari beberapa standar seperti kadar air (ASTM E-871), kadar zat terbang (ASTM E-872), kadar abu (ASTM D- 1102), karbon terikat (ASTM E-870) dan nilai kalor (SNI 01-1506-1989).

### Kadar Air

Prosedur pengukuran kadar air serbuk kayu mengacu pada ASTM E-871 (ASTM 2013). Sampel serbuk kayu sebanyak 1 g dikeringkan dalam oven selama 24 jam pada suhu  $105 \pm 3$  °C atau hingga berat keringnya konstan. Kadar air dinyatakan sebagai berat air terhadap berat kering contoh uji yang dinyatakan dalam persen.

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{\text{Berat basah (g)} - \text{Berat kering (g)}}{\text{Berat kering (g)}} \times 100$$

### Kadar Zat Terbang

Kadar zat terbang diuji berdasarkan standar ASTM E-872 (ASTM 2013). Sebanyak 2 g serbuk kayu ditimbang dalam cawan porselen. Cawan berisi sampel serbuk kayu dimasukkan ke dalam tanur listrik dan dipirolisis pada suhu 950 °C selama 7 menit. Sampel didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Kadar zat terbang dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar zat terbang (\%)} = \frac{\text{Kehilangan berat sampel (g)}}{\text{Berat kering sampel awal (g)}} \times 100$$

### Kadar Abu

Pengujian kadar abu mengacu pada standar ASTM D-1102 (ASTM 2007). Sampel serbuk kayu sebanyak 2 g di dalam cawan porselen diabukan dalam tanur pada suhu 600 °C selama 6 jam. Sampel abu didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Kadar abu dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{\text{Berat abu (g)}}{\text{Berat kering sampel (g)}} \times 100$$

### Kadar Karbon Terikat (*fixed carbon*)

Karbon terikat merupakan kandungan karbon dalam sampel setelah penghilangan zat terbang dan abu, yang dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Kadar karbon terikat (\%)} = (100\%) - \text{kadar zat terbang (\%)} - \text{kadar abu (\%)}$$

### Nilai Kalor

Nilai kalor diukur dengan menggunakan alat *bomb calorimeter* mengacu pada SNI 01-1506-1989 (BSN 1989) yang dilakukan di Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Balai Penelitian Ternak Ciawi-Bogor. Nilai kalor dinyatakan dalam nilai kalor kasar (*gross calorific value*) (kkal/kg).

### Pengolahan dan Analisis Data

Analisis data Data yang diperoleh dari limbah penebangan dan limbah di TPn dianalisis secara deskriptif berupa kecenderungan data dalam bentuk tabel dan grafik. Data hasil pengujian digambarkan dalam bentuk tabel dan dianalisis pengaruh dari proksimat kayu menggunakan *software Microsoft excel*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Identifikasi Bentuk Limbah Hasil Pemanenan

Dalam penelitian ini yang dimaksud dengan limbah pemanenan adalah bagian pohon yang tidak dimanfaatkan oleh pola pemanfaatan yang berlaku pada saat ini dan dibiarkan di dalam hutan. Dengan demikian sortimen yang tidak memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan akan berpotensi menjadi limbah. Limbah pemanenan kemudian diklasifikasikan dalam beberapa bentuk, yaitu:

1. Limbah tunggak, berupa kelebihan tunggak dari tinggi tunggak yang diperbolehkan yaitu tinggi tunggak di atas 10 cm dari permukaan tanah.
2. Limbah batang kayu, berupa batang-batang/sortimen yang berserakan di petak tebang yang terdiri dari:
  - a. Sortimen dengan panjang kurang dari 2.5 meter
  - b. Sortimen rusak seperti pecah, retak atau terbelah
  - c. Kayu bekas terbakar
  - d. Dan jenis lain
3. Limbah cabang atau ranting yang bagi perusahaan tidak memberikan manfaat ekonomis sehingga dimanfaatkan secara teknis sebagai bantalan jalan sarad guna mengurangi pemadatan tanah.
4. Limbah kulit, berupa hasil kupasan yang dilakukan dipetak tebang dengan menggunakan alat harvester.

Limbah TPn adalah limbah yang terjadi di TPn sebagai akibat dari kegiatan pemuatan sortimen ke dalam alat angkut. Limbah TPn dapat dibedakan menjadi limbah yang berupa kayu-kayu rusak seperti busuk, lapuk, pecah dan tidak sesuai dengan syarat yang ditentukan oleh pabrik serta sortimen yang sesuai dengan persyaratan pabrik namun tidak termuat ke dalam alat angkut.

### Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Pengukuran terhadap volume kayu tebang adalah suatu kegiatan yang dapat memprediksikan besaran limbah yang tertinggal di lokasi penebangan. Kegiatan penebangan di PT. MHP dilakukan dengan pembagian kompartemen. Setiap kompartemen dapat terdiri dari satu atau lebih petak. Adapun kondisi petak contoh penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Petak contoh penelitian untuk kegiatan pemanenan

| No. | keterangan                        | Petak A      | Petak B      |
|-----|-----------------------------------|--------------|--------------|
| 1   | Kompartemen                       | 24           | 31           |
| 2   | Stand                             | B            | A            |
| 3   | WA                                | 2            | 1            |
| 4   | Luas (Ha)                         | 42,84        | 45,78        |
| 5   | Tahun tanam                       | 2/2/2015     | 2/5/2015     |
| 6   | Jarak tanam (m)                   | 2 x 3        | 2 x 3        |
| 7   | Jumlah pohon / Ha                 | 71.400       | 76.300       |
| 8   | Tinggi rata-rata (m)              | 16,87        | 17,90        |
| 9   | Dbh rata-rata (mm)                | 12,62        | 12,13        |
| 10  | Periode tebang                    | Januari 2020 | Januari 2020 |
| 11  | Volume total (m <sup>3</sup> )    | 3793,02      | 5894,84      |
| 12  | Volume total (m <sup>3</sup> /Ha) | 88,54        | 128,76       |
| 13  | Jenis Alat tebang                 | Shearhead    | Harvester    |

Tabel 1 disajikan dua petak tebang dengan periode tebang yang sama yaitu Januari 2020. Petak tebang A dengan inisial kode B030224 memiliki luas areal lebih kecil dibandingkan dengan petak tebang B yaitu 42,84 Ha, dengan jumlah pohon ±71.400 pohon/Ha sehingga volume total yang dihasilkan mencapai 3793,02 m<sup>3</sup> sedangkan petak tebang B dengan inisial kode A030231 memiliki luas areal sebesar 45,78 Ha dengan jumlah pohon ±76.300 pohon/Ha sehingga volume total yang dihasilkan lebih besar yaitu 5894,84 m<sup>3</sup>.

## Potensi Limbah Kayu Penebangan

Kegiatan penebangan yang baik ialah yang menyisakan limbah pemanenan kayu seminimal mungkin. Hasil pengukuran volume limbah kayu di tampilkan pada Tabel 2.

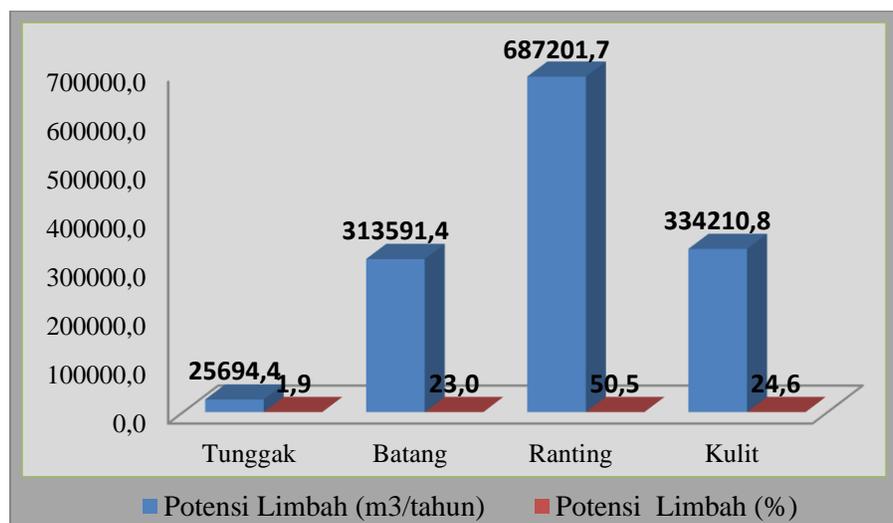
Tabel 2 Volume hasil berdasarkan jenis limbah

| Petak Tebangan | Luas petak tebangan (Ha) | Plot Contoh | Potensi limbah (m <sup>3</sup> /Ha) |        |         |       | Total (m <sup>3</sup> /Ha) |
|----------------|--------------------------|-------------|-------------------------------------|--------|---------|-------|----------------------------|
|                |                          |             | Tunggak                             | Batang | Ranting | Kulit |                            |
| CPT 24 B       | 42,84                    | 01 s/d 20   | 0,29                                | 16,41  | 41,71   | 4,24  | 62,65                      |
| CPT 31 A       | 45,78                    | 21 s/d 40   | 2,66                                | 19,64  | 37,31   | 34,18 | 93,79                      |
| <b>TOTAL</b>   |                          |             |                                     |        |         |       | <b>156,45</b>              |

Tabel 2 menunjukkan bahwa volume berdasarkan jenis dari kedua petak tebangan. Setiap petak tebangan dibuat masing-masing 20 plot contoh berukuran 5x5 m. Pada petak CPT 24B dengan luas areal 42,84 Ha diperoleh hasil 0,29 m<sup>3</sup>/Ha limbah tunggak, 16,41 m<sup>3</sup>/Ha limbah batang, 41,71 m<sup>3</sup>/Ha limbah ranting dan 4,24 m<sup>3</sup>/Ha limbah kulit. Ranting menyumbang volume terbesar dibanding dengan 3 jenis limbah lainnya. Total volume limbah yang terjadi pada petak CPT 24B adalah sebesar 62,65 m<sup>3</sup>/Ha. Sedangkan pada petak CPT 31A dengan luas areal 45,78 Ha dihasilkan volume limbah yang lebih besar yaitu 93,81 m<sup>3</sup>/Ha yang berupa 2,66 m<sup>3</sup>/Ha limbah tunggak, 19,64 m<sup>3</sup>/Ha limbah batang, 37,31 m<sup>3</sup>/Ha limbah ranting dan 34,18 m<sup>3</sup>/Ha limbah kulit. Petak B limbah kulit jauh lebih besar dibandingkan dengan sebelumnya hal tersebut sesuai penggunaan Harvester sebagai alat tebang yang berfungsi untuk menebang dan mengupas kulit pohon. Namun penggunaan Harvester kurang baik dalam menebang pohon, terbukti dari tunggak yang ditinggalkan lebih besar daripada Shearhead.

Potensi limbah yang diperoleh pada penelitian ini lebih besar dibandingkan dengan penelitian Puspitasari (2005), mengemukakan bahwa limbah pemanenan kayu di PT. Musi Hutan Persada mencapai 6,94 m<sup>3</sup>/Ha, yang terdiri dari 2,15 m<sup>3</sup>/Ha dalam bentuk tunggak dan 4,79 m<sup>3</sup>/Ha dalam bentuk sortimen <2,5m. Perbedaan tersebut dapat disebabkan oleh penggunaan alat yaitu dengan menggunakan Chainsaw dan jenis limbah yang dihitung hanya jenis tunggak dan sortimen.

Perbandingan besaran limbah yang terjadi pada kegiatan penebangan untuk keempat jenis limbah dari kedua petak contoh penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Potensi limbah penebangan di PT. Musi Hutan Persada

Pengamatan di lapang menunjukkan, Nilai limbah tunggak memiliki volume paling kecil dibandingkan dengan ketiga jenis lainnya yaitu 25.694,4 m<sup>3</sup>/tahun dengan presentase 1,9%. Tinggi tunggak yang ditinggalkan sebagian besar memenuhi syarat yang diperkenankan. Berdasarkan wawancara dengan supervisor tebang menyatakan, dalam menebang pohon lebih memperhatikan pemenuhan target tebang per hari, sehingga terkadang mereka cenderung menebang pohon sebanyak-banyaknya tanpa memperhatikan tinggi tunggak yang ditinggalkan. Volume limbah terbesar terdapat pada ranting yaitu 687.201,7 m<sup>3</sup>/tahun dengan presentase 50,5%, dilanjutkan kulit yaitu 334.210,8 m<sup>3</sup>/tahun dengan presentase 24,6% dan batang yaitu 313.591,4 m<sup>3</sup>/tahun dengan presentase 23,0%.

### Potensi Limbah Tempat Penumpukan Kayu/TPn

Tempat penumpukan kayu (TPn) juga berpotensi untuk terjadinya limbah pemanenan, yang diakibatkan oleh kegiatan pemuatan sortimen dari TPn ke atas alat angkut. Limbah TPn dapat berupa sortimen yang tidak terangkut maupun kayu rusak yang terjadi akibat kegiatan pemuatan ke alat angkut. Besarnya limbah tersebut dinyatakan dalam presentase antara volume batang yang ditinggalkan dengan volume yang dapat terangkut. Besarnya presentase limbah pada lokasi TPn dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Potensi limbah TPn

| TPn       | Kavling | Luas (m <sup>2</sup> ) | Volume (m <sup>3</sup> ) |            | Potensi Limbah (m <sup>3</sup> /Ha) | Presentase limbah (%) |
|-----------|---------|------------------------|--------------------------|------------|-------------------------------------|-----------------------|
|           |         |                        | Sortimen tidak terangkut | Kayu rusak |                                     |                       |
| CPT 31 A  | L       | 49.84                  | 0.292                    | 0.363      | 17.89                               | 0.0049                |
|           | M       | 99.36                  | 0.302                    | 0.337      | 17.47                               | 0.0031                |
|           | N       | 71.38                  | 0.219                    | 0.182      | 10.96                               | 0.0027                |
|           | O       | 158.76                 | 0.390                    | 0.622      | 27.76                               | 0.0024                |
| CPT 24 B  | D       | 104.25                 | 0.316                    | 0.378      | 18.97                               | 0.0038                |
|           | E       | 52.62                  | 0.288                    | 0.191      | 13.09                               | 0.0046                |
|           | F       | 45.59                  | 0.213                    | 0.101      | 8.59                                | 0.0039                |
|           | G       | 45.29                  | 0.250                    | 0.240      | 13.40                               | 0.0048                |
| Total     |         | 627.09                 | 2.273                    | 2.412      | 128.13                              | 0.00335               |
| Rata-Rata |         | 78.39                  | 0.284                    | 0.302      | 16.02                               | 0.0037                |

Berdasarkan Tabel 3 menunjukkan potensi limbah TPn yang terjadi sebesar 16,02 m<sup>3</sup>/Ha atau 0,654 m<sup>3</sup> yang terdiri dari limbah sortimen yang tidak diangkut sebesar 0,284 m<sup>3</sup> dan limbah berupa kayu rusak sebesar 0,302 m<sup>3</sup> dengan presentase limbah yang terjadi mencapai 0,0037%. Presentase limbah yang diperoleh lebih kecil dibandingkan dengan penelitian Puspitasari (2005), mengemukakan bahwa limbah TPn di PT. Musi Hutan Persada mencapai 1,645 m<sup>3</sup> yang terdiri dari limbah sortimen yang tidak terangkut sebesar 1,3 m<sup>3</sup> dan limbah berupa kayu rusak sebesar 0,345 m<sup>3</sup>. Pada Tabel 3 juga dapat dilihat bahwa jumlah sebagian besar limbah kayu tersebut dipengaruhi oleh luas area kavling, semakin luas kavling maka potensi limbah akan semakin besar.

Potensi limbah berupa kayu rusak lebih besar dibandingkan sortimen tidak terangkut hal ini disebabkan intensitas alat sarad dan alat angkut yang sangat tinggi sehingga sering kali merusak kayu yang dilalui. Penelitian Nurrachmania (2009) menyatakan bahwa limbah kayu di TPn mencapai sebesar 11,89%. Penyebab terjadinya limbah kayu tersebut karena growong (25,08%), busuk hati (47,99%), mata kayu (18,43%), pecah (5,46%), dan *grading scaling* (3,04%). Kayu yang jatuh kedalam parit dan berdiameter terlalu kecil menyebabkan terjadinya limbah sortimen tidak terangkut. *Human error* juga merupakan faktor terbesar yang menyebabkan tingginya potensi limbah yang terjadi. Menurut Sari (2009), sebagian limbah yang masih dalam kondisi baik namun ditinggal karena kurang dari 1 rit pengangkutan, sehingga tidak efisien dilakukan pengangkutan oleh perusahaan karena perlu biaya yang besar. Besarnya pendugaan potensi biomassa limbah pada hutan tanaman industri PT. Musi Hutan persada dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 Potensi biomassa limbah PT. Musi Hutan Persada

| No.   | Limbah Berdasarkan Jenis kegiatan | Potensi Biomassa (ton /Ha) |
|-------|-----------------------------------|----------------------------|
| 1     | Limbah penebangan                 | 89.18                      |
| 2     | Limbah TPn                        | 9.13                       |
| TOTAL |                                   | 98.31                      |

Berdasarkan Tabel 4, limbah yang dihasilkan sebagian besar terjadi di petak tebang yaitu 89.18 ton/Ha, sedangkan limbah yang terjadi di TPn yaitu 9.13 ton/Ha sehingga total potensi biomassa yang dihasilkan sebesar 98.31 ton/Ha. Biomassa limbah yang terjadi di petak tebang lebih besar karena kegiatan di petak tebang terdiri dari penebangan, pemotongan, dan pembagian batang. Keadaan ini sesuai dengan pendapat Sastrodimedjo dan Simarmata (1978) yang menyatakan bahwa limbah di petak tebang lebih besar daripada di logpond, limbah yang terjadi di petak tebang adalah 71,5% serta sisanya terjadi di logpond. Selanjutnya hasil penelitian Sukanda (1995) menyebutkan rata-rata limbah di petak tebang sebesar 85,84 m<sup>3</sup> (99,28 %) dan di TPn sebesar 0,62 m<sup>3</sup> (0,72%). Kesalahan dalam pemotongan, pembagian batang dan kurangnya pengawasan di petak tebang menyebabkan besarnya limbah yang terjadi.

### Analisis Proksimat Kayu Sebagai Bahan Energi Biomassa

Kesesuaian karakteristik jenis tanamana *Eucalyptus pellita* sebagai bahan energi biomassa dapat diduga dengan melakukan pengujian proksimat yang terdiri atas kadar air, zat terbang, karbon terikat, kadar abu, dan nilai kalor (Eddy *et al.* 2014), dan hasilnya disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 Sifat proksimat limbah *Eucalyptus pellita*

| No   | Sifat Proksimat          | Jenis Limbah |       |         |
|--|--------------------------|--------------|-------|---------|
|  |                          | Batang       | Kulit | Ranting |
| 1  | Kadar Air (%)            | 9,11         | 12,31 | 10,42   |
| 2  | Kadar Zat Terbang (%)    | 80,86        | 76,71 | 84,44   |
| 3  | Kadar Abu (%)            | 2,58         | 3,22  | 1,43    |
| 4  | Kadar Karbon Terikat (%) | 16,56        | 20,07 | 14,14   |
| 5  | Nilai Kalor (kkal/kg)    | 4.186        | 4.113 | 4.119   |
| Potensi Bahan Bakar Energi Biomassa<br>kkal/ha |                          | 86.31        | 89.79 | 184.66  |

Kadar air bahan baku energi biomassa dapat mempengaruhi nilai kalor bersih yang dihasilkan pada saat konversi energi. Menurut Haygreen *et al.* (2003), semakin tinggi kadar air pada bahan bakar akan semakin rendah nilai kalor bersih yang dihasilkan. Semakin tinggi kadar air kayu maka efisiensi energi menjadi semakin rendah karena dalam proses konversi energi dari kayu tersebut akan lebih banyak kalor yang dibutuhkan untuk mengeluarkan air menjadi uap sehingga energi yang tersisa dalam bahan bakar menjadi lebih kecil. Selain itu, kadar air kayu tinggi juga akan menyebabkan sulitnya pembakaran awal.

Pengujian menunjukkan bahwa sampel tersebut memiliki kandungan kadar air yang berbeda secara signifikan. Kadar air dari serbuk kayu yang diuji berkisar 9,11-12,31% (Tabel 5). Limbah kulit memiliki kadar air tertinggi (12,31%) dan limbah batang memiliki kadar air terendah (9,11%). Cahyono *et al.* (2008) menyebutkan kayu akan mudah digunakan sebagai bahan bakar pada kondisi kering udara dengan kadar air sekitar 12%. Dari ketiga jenis limbah kayu yang diuji, memiliki nilai kadar air yang baik untuk dijadikan bahan baku energi biomassa.

Kadar zat terbang terendah diantara jenis limbah kayu yang diuji adalah limbah kulit sebesar 76,71% dan kadar zat terbang tertinggi adalah limbah ranting sebesar 84,44% (Tabel 4). Hasil pengujian ini sesuai dengan penelitian Stahl *et al.* (2004) yang memperoleh kadar zat terbang sebesar 84% untuk kayu energi. Kadar zat terbang biomassa kayu umumnya berkisar 75-85% (Mulyasari 2013). Fauziah (2009) mengatakan semakin rendah kadar zat terbang, maka semakin tinggi nilai karbon terikat yang menunjukkan semakin baik kayu sebagai sumber energi. Besarnya kadar zat terbang yang dimiliki tiga jenis limbah kayu yang diuji lebih kecil 85%,

sehingga jenis-jenis kayu tersebut tergolong baik digunakan sebagai sumber energi biomassa.

Analisis kadar abu untuk kayu sebagai bahan energi sangat penting, karena akan mempengaruhi mutu bahan bakar. Kadar abu beberapa jenis kayu yang diuji berkisar 1,43-3,22% dengan limbah kulit memiliki kadar abu tertinggi (3,22%) dan terendah limbah ranting (3,22%). Kadar abu dari tiga jenis limbah kayu tersebut sesuai menurut Fengel dan Wegener (1984) kayu-kayu daerah tropis memiliki kadar abu antara 0,1-5,0% dan semakin rendah kadar abu, maka nilai kalor yang dihasilkan akan semakin besar.

Karbon terikat (*fixed carbon*) merupakan fraksi karbon selain fraksi abu, air, dan zat terbang (Djarmiko 1981). Karbon terikat sangat berpengaruh pada rendemen arang dalam proses karbonisasi dan berkontribusi pada nilai kalor kayu. Kadar karbon terikat tiga jenis kayu yang diuji berkisar 14,14-20,07%, tertinggi pada limbah kulit terendah pada limbah ranting. Menurut Stahl *et al.* (2004), biomassa dapat dijadikan bahan baku energi biomassa minimal berkadar karbon terikat 16%, oleh karena itu kadar karbon terikat semua jenis limbah kayu yang diuji tergolong baik sebagai kayu energi kecuali limbah jenis kulit. Haygreen *et al.* (2003), menyatakan bahwa batang umumnya memiliki zat penyusun kayu lebih banyak dibandingkan dengan bagian pohon lain. Kadar karbon terikat berkorelasi negatif dengan zat terbang (Tabel 5). Kayu dengan Kadar zat terbang tinggi memiliki kadar karbon terikat rendah, dan sebaliknya.

Nilai kalor merupakan parameter utama yang digunakan untuk menentukan kualitas bahan baku energi biomassa. Nilai kalor merupakan hasil interaksi dari komponen kimia penyusun biomassa yang dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kadar air, kadar zat terbang, kadar abu dan kadar karbon terikat (Basu 2010). Nilai kalor yang tinggi dihasilkan dari bahan baku yang memiliki kadar air, kadar abu, dan zat terbang rendah serta kerapatan dan kadar karbon terikat yang tinggi.

Tabel 5 menunjukkan nilai kalor limbah kayu yang diuji berkisar 4.113-4.186 kkal/kg, tertinggi dihasilkan dari limbah jenis batang dan terendah dari limbah jenis kulit. Berdasarkan hasil penelitian Wahyuni (2013), nilai kalor kayu jenis *Eucalyptus pellita* diperoleh hasil lebih tinggi yaitu 4.241-4.403 kkal/kg. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan kondisi kadar air yang digunakan bisa saja berbeda. Menurut Panshin (1970), nilai kalor kayu yang menggunakan kadar air dalam jumlah tertentu memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan nilai kalor kayu pada saat kering tanur, karena sebagian nilai kalor hilang untuk menghilangkan dan menguapkan kadar air.

Nilai kalor pada limbah bagian batang lebih besar dibandingkan dengan bagian cabang, karena pada bagian batang memiliki kadar karbon yang lebih tinggi, dan massa kayu yang lebih besar dibandingkan dengan bagian cabang dan ranting. Nilai kalor sangat berpengaruh terhadap laju pembakaran pada proses pembakaran. Semakin tinggi nilai kalor maka semakin lambat laju pembakaran pada proses pembakaran (Tiruno & Sabit 2011).

Berdasarkan Tabel 5, potensi bahan bakar energi biomassa limbah terbesar dimiliki oleh jenis limbah ranting yaitu 184,66 kkal/ha, disusul jenis limbah kulit sebesar 89,79 kkal/ha dan terakhir limbah batang sebesar 86,31 kkal/ha. Besarnya potensi bahan bakar energi biomassa dipengaruhi oleh potensi limbah pada kegiatan penebangan. Semakin tinggi potensi limbah penebangan maka semakin tinggi pula potensi bahan bakar energi biomassa yang dapat dihasilkan.

## **SIMPULAN DAN SARAN**

### **Simpulan**

Potensi biomassa limbah pada HTI PT. Musi Hutan didapatkan sebesar 98,31 ton/ha. Berdasarkan hasil analisis proksimat, nilai kalor tiga jenis limbah kayu *Eucalyptus pellita* berkisar 4.113-4.186 kkal/kg. Nilai kalor dipengaruhi oleh karakteristik jenis kayu berdasarkan kadar zat air, kadar zat terbang, kadar abu dan kadar karbon terikat. Secara umum ketiga jenis limbah tersebut memiliki kualitas baik sebagai sumber energi biomassa dengan potensi yang dimiliki yaitu jenis limbah ranting sebesar 184,66 kkal/ha, jenis limbah kulit sebesar 89,79 kkal/ha dan limbah batang sebesar 86,31 kkal/ha.

### **Saran**

Perlu dilakukan penelitian mengenai komponen kimia penyusun kayu jenis *Eucalyptus pellita* untuk melengkapi informasi karakteristik limbah kayu sebagai sumber energi sehingga dapat meningkatkan produktifitas energi yang dihasilkan dengan pengolahan yang tepat dan efisien.

## DAFTAR PUSTAKA

- [ASTM] American Society for Testing Material. 2013. ASTM E-870. Test Method for Analysis of Wood Fuels. West Conshohocken (US): ASTM International.
- [ASTM] American Society for Testing Material. 2013. ASTM E-871. Test Method for Moisture in the Analysis of Particulate Wood Fuels. West Conshohocken (US): ASTM International.
- [ASTM] American Society for Testing Material. 2013. ASTM E-872. Test Method for Volatile Matter in the Analysis of Particulate Wood Fuels. West Conshohocken (US): ASTM International.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 1989. Arang Kayu Peleburan Logam. Jakarta (ID): BSN.
- Basu P. 2010. Biomass Gasification and Pyrolysis, Practical Design and Theory. Burlington (USA): Academic Press.
- Cahyono TD, Zahrial C, Fauzi F. 2008. Analisis nilai kalor dan kelayakan ekonomis kayu sebagai bahan bakar substitusi batu bara dipabrik semen. *Forum Pascasarjana*.31(2): 105-110.
- Djarmiko B, Ketaran, Setyahartini S. 1981. Arang Pengolahan dan Kegunaannya. Bogor (ID): IPB Press.
- Eddy E, Purwo S, Ahmad S. 2014. Analisa proksimat dan nilai kalor pada briket bioarang limbah ampas tebu dan arang kayu. *Aptek*. 6(1): 57-64.
- Fauziah N. 2009. Pembuatan arang aktif secara langsung dari kulit *Acacia mangium* Wild dengan aktivasi fisika dan aplikasinya sebagai *Adsorben* [Skripsi]. Bogor (ID): IPB.
- Fengel D, Wegener G. 1984. *Wood; Chemistry, Ultrastructure, Reactions*. Berlin (DE): John Wiley & Sons, Inc.
- Haygreen JG, Bowyer JL, R. Schmulsky. 2003. *Forest Products and Wood Sciences an Introduction*. Ames: IOWA State University Press.
- Mandang YI, Pandit IKN. 2002. Seri Manual Pedoman Identifikasi Jenis Kayudi Lapangan. Bogor(ID): Yayasan Prosea Bogor.
- Muhdi. 2003. Limbah kayu akibat teknik pemanenan kayu di hutan alam tropika. *Jurnal Ilmiah Pertanian Kultura*. 38(2):174-181.
- Mulyasari T. 2013. Karakteristik beberapa jenis kayu sebagai bahan baku energi biomassa [Skripsi]. Bogor (ID): IPB.
- Nurrachmania, M. (2009). Potensi limbah pemanenan kayu di tempat pengumpulan kayu (TPn) IUPHHK-HA PT. Andalas Merapi Timber [Skripsi]. Medan (ID): Universitas Sumatera Utara.
- Purba, M.P. 2009. *Besar Aliran Permukaan (Run-off) Pada Berbagai Tipe Kelerengan Dibawah Tegakan Eucalyptus spp*. Medan (ID): Universitas Sumatra Utara.
- Purnamasari DR. 2012. Limbah pemanenan kayu, faktor eksploitasi dan karbon tersimpan pada limbah pemanenan kayu di IUPHHK-HA PT. Indexim Utama, Kalimantan Tengah [Skripsi]. Bogor (ID): IPB.
- Puspitasari D. 2015. Limbah pemanenan dan faktor eksploitasi pada perusahaan hutan tanaman industri (studi kasus di HPHTI PT. Musi Hutan Persada, Sumatera Selatan) [Skripsi]. Bogor (ID): IPB.
- Sari RM. 2009. Identifikasi dan pengukuran potensi limbah pemanenan kayu (studi kasus di PT. Australbya, Provinsi Kalimantan Tengah) [Skripsi]. Bogor (ID): IPB.
- Sthal R, Henrich E, Gehrman HJ, Vodegel S, Koch M. 2004. *Definition of Standard Biomass.Germany* (DE): Forschungszentrum Karlsruhe.
- Sukanda. 1995. Penentuan faktor eksploitasi, limbah kayu dan kerusakan tegakan tinggal akibat pemanenan kayu dengan sistem TPTI [Tesis]. Bogor (ID): IPB.
- Tiruno, Sabit. 2011. Efek suhu pada proses pengarangan terhadap nilai kalor arang tempurung kelapa (*Coconut Shell Charcoal*). *Jurnal Neutrino*. 3(2):149-151.
- Wahyuni N.S. 2013. Karakteristik energi Kayu dan kulit lima jenis pohon dari hutan di Merauke [Skripsi]. Yogyakarta (ID): UGM.