

## PENILAIAN POTENSI BIOMASSA SEBAGAI ALTERNATIF ENERGI KELISTRIKAN

Petir Papilo<sup>1</sup>, Kunaifi<sup>2</sup>, Erliza Hambali<sup>3</sup>, Nurmiati<sup>4</sup>, Rizfi Fariz Pari<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Industri – UIN Sultan Syarif Kasim Riau

<sup>2</sup>Energy Research Center – UIN Sultan Syarif Kasim Riau

<sup>3</sup>Program Studi Teknologi Industri Pertanian – Institut Pertanian Bogor

<sup>4</sup>Program Studi Bioteknologi – Institut Pertanian Bogor

Email:

### ABSTRAK

Pemanfaatan biomassa sebagai sumber daya listrik merupakan salah satu solusi yang dapat dikembangkan dalam rangka meningkatkan rasio elektrifikasi dan mewujudkan ketahanan energi nasional. Untuk itu sebagai langkah awal bagi menguji kelayakan pengembangan biomassa sebagai sumber pembangkit tenaga listrik, diperlukan analisis tentang potensi sumber daya, terutama dari beberapa komoditas unggulan, baik dari sisa hasil pertanian maupun perkebunan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat potensi biomassa berdasarkan ketersediaan pasokan sumber daya yang tidak termanfaatkan yang dapat diperoleh dari sisa hasil pertanian. Beberapa sisa hasil pertanian dan perkebunan yang menjadi target penilaian antara lain adalah jerami dan sekam padi sawah, jerami dan sekam padi ladang, batang dan tongkol jagung, batang ubi kayu, serta serat, cangkang, tandan kosong, kernel dan limbah cair yang terdapat di perkebunan kelapa sawit. Hasil analisis dengan pendekatan statistik, menunjukkan bahwa total energi teoritis biomassa yang dapat dihasilkan adalah sebesar 77.466.754,8 GJ/Tahun. Secara teoritis berpotensi menghasilkan energi listrik sebesar 21.518.542,8 MWh/Tahun.

**Kata Kunci:** Biomassa, Potensi Teoritis, Rasio Elektrifikasi

### ABSTRACT

Utilization of biomass as a source of electrical power is one potential solution that can be developed in order to increase the electrification ratio and to achieve the national energy security. Therefore, as a preliminary step to assess the feasibility of biomass development as power generation source, an analysis of potential resources are required, especially from some of the main commodities, both of residues of agriculture and plantation. This study aims at assessing the potential of biomass-based supply from unutilized resources that can be obtained from the residues of agricultural and plantations sectors. Some of targeted agricultural and plantation residue assessment include rice straw and rice husk; straw and chaff of dry rice; corn stalks and cobs; stalks of cassava; and fiber, shell, empty fruit bunches, kernels and liquid wastes in the palm oil factories. The results of a statistical analysis approach, showed that the total theoretical biomass energy that can be produced is equal to 77,466,754.8 GJ year<sup>-1</sup>. Theoretically, this potential is equivalent to generate electrical energy of 21,518,542.8 MWh year<sup>-1</sup>.

**Keywords:** Biomass, Electrification Ratio, Theoretical Potential

### PENDAHULUAN

Konsumsi listrik nasional dalam kurun waktu tahun 2000-2012 terus mengalami peningkatan dengan laju pertumbuhan rata-rata 6,2% per tahun. Nilai ini lebih rendah jika

dibandingkan dengan tingkat konsumsi batu bara (9,9%) dan LPG (13,5%). Hal ini menyebabkan rasio elektrifikasi nasional masih berada pada nilai 75,8% di tahun 2012. Jika dibandingkan dengan negara-negara ASEAN lain seperti Singapura 100%, Malaysia 99,4%, Filipina 89,7%, dan Vietnam 97,6% menunjukkan bahwa tingkat elektrifikasi Indonesia masih rendah (BPPT, 2014).

Selanjutnya, dari sisi penyediaan tenaga listrik, pada tahun 2012, pembangkit listrik milik Perusahaan Listrik Negara (PLN) masih mendominasi dengan pangsa lebih dari 73% (32,9 GW), pembangkit listrik milik *Independent Power Producer* (IPP) dikisaran 17% (7,4 GW), serta sisanya dipenuhi oleh pembangkit listrik milik *Private Power Utility* (PPU), pembangkit listrik Ijin Operasi (IO) non fosil, dan pembangkit listrik sewa dengan pangsa dikisaran 10% (4,5 GW) (BPPT, 2014).

Sementara itu, khusus di wilayah Provinsi Riau, rasio elektrifikasi telah mencapai 77,56%. Namun demikian, di beberapa kabupaten, dari 12 Kabupaten/ Kota yang ada di Provinsi Riau, 7 diantaranya memiliki rasio elektrifikasi yang lebih rendah dari rata-rata nasional (Dirjen Ketenagalistrikan ESDM, 2013). Hal ini tentu perlu mendapat perhatian dari berbagai kalangan, khususnya pemerintah daerah, demi menanggulangi permasalahan kebutuhan listrik yang terus meningkat di masa mendatang.

Untuk mengatasi permasalahan kebutuhan listrik yang terus meningkat, diperlukan upaya-upaya pemanfaatan berbagai sumber alternatif. Salah satunya adalah melalui pemanfaatan sisa hasil-hasil pertanian, perkebunan ataupun sisa hasil hutan berupa biomassa.

Saat ini, biomassa telah menjadi sumber energi paling penting di setiap wilayah dunia (Thran D *et al*, 2010). Biomassa memiliki potensi untuk menjadi salah satu sumber energi utama dimasa mendatang, dan modernisasi sistem bioenergi disarankan sebagai kontributor penting bagi pengembangan energi berkelanjutan di masa depan, khususnya bagi pembangunan berkelanjutan di negara-negara industri maupun di negara-negara berkembang (Berndes G, *et al*, 2003). Sebagai akibatnya, akan terjadi mobilisasi penyediaan biomassa secara besar-besaran sebagai upaya pemenuhan kebutuhan energi di setiap wilayah (Welfe A *et al*, 2014).

Biomassa merupakan istilah untuk semua bahan organik yang berasal dari tanaman (termasuk alga, pohon dan tanaman). Biomassa diproduksi oleh tanaman hijau yang mengkonversi sinar matahari menjadi bahan tanaman melalui proses fotosintesis. Sumber daya biomassa dapat dianggap sebagai materi organik, di mana energi sinar matahari yang disimpan dalam ikatan kimia. Ketika ikatan antar karbon berdekatan, molekul hidrogen dan oksigen yang rusak oleh pencernaan, pembakaran, atau dekomposisi, zat ini melepaskan disimpan, energi kimia mereka (McKendry P, 2002).

Pemanfaatan potensi biomassa sebagai sumber energi listrik, telah mulai dikembangkan di beberapa negara di dunia. Seperti halnya di Negara Cina, dengan potensi biomassa yang tersedia, memungkinkan untuk menghasilkan energi listrik dengan kapasitas sebesar 30 GW (Xingang Z *et al*, 2013). Begitu pula halnya dengan di wilayah Uni Eropa, bahkan permintaan bahan baku biomassa melebihi kemampuan pasokan yang dapat disediakan untuk kebutuhan pembangkit listrik (Bertrand V *et al*, 2014).

Pada dasarnya biomassa dapat dibedakan dalam tiga kelompok besar, yaitu biomassa kayu, biomassa bukan kayu, dan bahan-bakar sekunder (Calle *et al*, 2007). Sedangkan Biomass Energy Europe, membagi biomassa ke dalam empat kategori yaitu: (1) biomassa hutan dan limbah hutan, (2) tanaman energi, (3) limbah pertanian, dan (4) limbah organik (Biomass Energy Europe, 2010a).

Penelitian ini, secara umum bertujuan untuk melakukan penilaian potensi energi biomassa dari dua sumber utama yaitu dari sisa hasil pertanian yang dibedakan atas dua

kelompok yakni : pertama, sisa hasil pertanian tanaman hortikultura seperti halnya jerami dan sekam padi, sisa tongkol jagungserta batang ubi kayu. Kedua potensi biomassa juga di ukur dari sisa hasil perkebunan kelapa sawit yang terbagi ke dalam bentuk tandan kosong kelapa sawit, cangkang kelapa sawit, serat kernel serta limbah cair dalam bentuk POME (*Palm Oil Mill Effluent*).

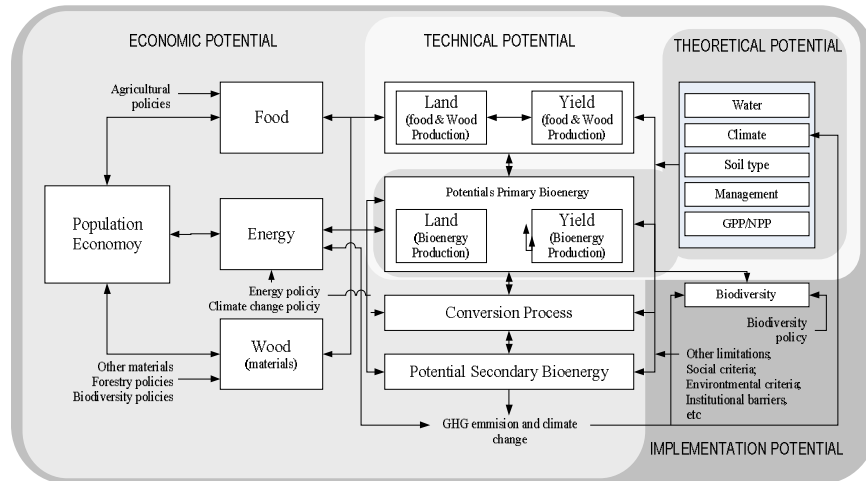
## TINJAUAN PUSTAKA

### Klasifikasi Potensi Energi Biomassa

Menurut Biomass Energy Europe, terdapat lima jenis potensi sumber energi biomassa: teoritis, teknis, ekonomis, implementasi, dan implementasi berkelanjutan (*sustainable implementation*). Karena penelitian ini adalah penelitian pendahuluan, maka penelitian difokuskan pada potensi teoritis.

Gambar 1 memperlihatkan ilustrasi dari empat potensi pertama dan dijelaskan pada bagian berikut (Biomass Energy Europe. 2010a): (a) Potensi Teoritis adalah jumlah maksimum keseluruhan biomassa darat yang secara teoritis tersedia untuk produksi bioenergi dengan batasan biofisika dasar. Potensi teoritis biasanya dinyatakan dalam Joule energi primer, yaitu energi yang terkandung dalam bahan mentah biomassa, yang belum diproses. Energi primer diubah menjadi energi sekunder, seperti listrik, bahan bakar cair, dan bahan bakar gas. Dalam kasus biomassa dari tanaman dan hutan, potensi teoritis menggambarkan produktivitas maksimum di bawah pengelolaan optimal teoritis dengan mempertimbangkan batasan-batasan seperti kondisi tanah, suhu, radiasi matahari, dan curah hujan. (b) Potensi Teknis adalah bagian dari potensi teoritis yang tersedia di bawah kondisi tekno-struktural dengan teknologi yang tersedia saat (misalnya teknik panen, infrastruktur dan aksesibilitas, dan teknik pengolahan). Potensi teknis juga mempertimbangkan kondisi spasial terkait penggunaan lahan (misal untuk produksi pangan, pakan, dan serat) termasuk aspek ekologis (yaitu cadangan alami) dan kendala akibat kemungkinan penggunaan non-teknis. Potensi teknis biasanya dinyatakan dalam Joule energi primer, tapi terkadang juga dinyatakan dalam satuan sekunder untuk energy. (c) Potensi Ekonomis adalah bagian dari potensi teknis yang memenuhi kriteria keuntungan ekonomis dalam kondisi tertentu. Potensi ekonomi pada umumnya mengacu kepada energi bio sekunder walaupun kadang-kadang energi bio primer juga dipertimbangkan. Hasil akhir dari penilaian potensi ekonomis adalah dalam bentuk *Supply Curve* (Rp./ton). (d) Potensi Implementasi adalah bagian dari potensi ekonomis yang dapat diterapkan pada periode waktu tertentu dan pada kondisi sosio-politik yang nyata, mencakup hambatan (dan kebijakan insentif) ekonomi, institutional dan sosial. Potensi implementasi fokus pada kelayakan atau dampak ekonomi, lingkungan, dan sosial dari kebijakan bioenergi. (e) Potensi Implementasi Berkelanjutan

Secara teoritis, terdapat jenis potensi kelima dari sumber biomassa, yaitu potensi implementasi berkelanjutan. Sebenarnya ini bukan jenis potensi baru, namun merupakan gabungan kriteria-kriteria keberlanjutan lingkungan, ekonomi, dan sosial dari penilaian sumber biomassa. Hal ini menjelaskan bahwa kriteria keberlanjutan bertindak seperti filter pada potensi teoritis, teknis, ekonomi dan implementasi yang ditujukan untuk potensi implementasi berkelanjutan. Tergantung pada jenis potensi, kriteria keberlanjutan dapat diterapkan untuk tingkatan yang berbeda. Misalnya, untuk mendapatkan potensi teknis, kriteria dan kendala lingkungan diintegrasikan untuk membatasi wilayah yang tersedia dan/atau hasil yang bisa dicapai.



Gambar 1 Jenis Potensi Biomassa (Biomass Energy Europe. 2010a)

### Pengukuran Potensi Energi Biomassa

Informasi tentang produksi dan penggunaan energi biomassa biasanya sulit didapatkan karena minimnya data jangka panjang. Walaupun tersedia, biasanya data dan informasi yang ada sering tidak akurat dan terlalu fokus pada lokasi tertentu. Hal ini biasanya disebabkan karena biomassa tradisional sering dianggap sebagai bagian dari ekonomi non-formal sehingga tidak masuk ke dalam kegiatan badan-badan statistik. Pada gilirannya, walaupun biomassa memainkan peran penting di negara-negara berkembang, namun perencanaan, pengelolaan, produksi, distribusi, dan penggunaan biomassa jarang mendapat perhatian para pengambil kebijakan dan perencana energi (Calle *et al*, 2007). Selain itu, walaupun biomassa penting, perannya belum sepenuhnya dikenali.

Penentuan potensi energi biomassa melibatkan banyak faktor antara lain kompleksitas produksi dan konsumsi, kesulitan menentukan ketersediaan sumber energi biomassa, keberlanjutan produktifitas jangka panjang, dan aspek ekonomi dalam produksi dan penggunaan. Selain itu, pemanfaatan energi biomassa juga melibatkan aspek teknologi, ekologi, dan sosial.

Tiga persoalan utama dalam menentukan analisa potensi biomassa adalah: membedakan antara potensi dan suplai aktual, mengukur variasi, dan banyaknya satuan yang digunakan dalam pengukuran (Calle *et al*, 2007).

Biomassa biasanya dikumpulkan dari berbagai jenis tumbuhan. Potensi biomassa adalah banyaknya sumber biomassa yang dihasilkan oleh suatu kawasan. Sedangkan suplai aktual biomassa adalah banyaknya sumber biomassa yang dapat diakses untuk keperluan konversi energi. Di antara faktor penghambat untuk akses biomassa adalah topografi, hukum atau peraturan setempat, dan tradisi setempat.

Untuk mengukur potensi biomassa dapat dilakukan dengan tiga metode utama, yaitu teknologi geospasial, survei lapangan, dan pemodelan (APEC, 2008).

Teknologi Geospasial: Mencakup remote sensing (RS), sistem informasi geografis (SIG), dan sistem penentuan posisi global (GPS). Gambar penginderaan jauh, seperti foto udara dan satelit, memberikan cara yang efisien dan dapat diandalkan untuk memantau sumber daya biomassa dari waktu ke waktu. Gambar penginderaan jauh memiliki resolusi spasial dan temporal relatif halus, mirip dengan data yang diperoleh oleh survei lapangan. Teknik ini digunakan untuk memperkirakan pertumbuhan stok

biomassa dan perkiraan produktivitas. RS menyediakan cara hemat biaya untuk mengumpulkan informasi yang diperlukan di daerah yang terpencil dan sulit diakses diakses.

Gambar penginderaan jauh juga satu-satunya pendekatan praktis untuk menganalisis penggunaan lahan dan perubahan tutupan lahan pada skala ekonomi yang luas, regional, dan global. Pola yang dihasilkan dapat dipelajari dengan membandingkan gambar yang diperoleh pada waktu yang berbeda. Data yang berasal dari citra penginderaan jauh, seperti penggunaan lahan / tutupan, ketinggian, dan suhu permukaan, lebih lanjut digunakan dalam sistem informasi geografis (GIS). GIS adalah sebuah sistem informasi berbasis komputer yang digunakan untuk membuat, memanipulasi, menganalisis, dan memvisualisasikan informasi yang bereferensi geografis. Ini adalah alat yang ampuh untuk menilai potensi biomassa: mengintegrasikan berbagai jenis data dan menyediakan sarana untuk memeriksa hubungan spasial mereka.

Survei lapangan digunakan untuk mengumpulkan data sebagai bagian dari evaluasi spesifik pada suatu lokasi. Biasanya, sebuah plot lapangan (ukuran dapat bervariasi) dipilih sebagai wakil dari jenis vegetasi pada suatu wilayah studi, dan parameter seperti diameter batang, tinggi pohon, atau dimensi mahkota bagi sumberdaya hutan dan kepadatan, ketinggian, dan pengembangan fenologi untuk tanaman yang mudah diukur. Hasil ekstrapolasi lebih lanjut di daerah yang lebih besar dan digunakan untuk mengembangkan persamaan yang memprediksi ketersediaan biomassa. Teknik sampling ini memberikan perkiraan yang paling akurat dari sumber daya biomassa pada lokasi tertentu, namun tidak praktis untuk skala luas. Survei adalah prosedur yang memakan waktu panjang, banyak tenaga kerja, dan karena itu mahal, bahkan dengan teknologi komunikasi satelit hari ini (GPS).

Saat ini, survei lapangan dalam penilaian sumber daya biomassa yang digunakan ketika metode lain terbukti tidak cukup atau ketika kemampuan untuk menggunakan metode lain tidak ada. Model adalah kerangka kerja yang disederhanakan dan dirancang untuk menggambarkan sebuah sistem atau proses yang sering menggunakan teknik matematika untuk memfasilitasi perhitungan atau prediksi. Kompleksitas model dan teknik pemodelan tergantung pada kebutuhan ketersediaan penilaian dan data. Model dapat yang sederhana seperti ekstrapolasi data diukur dengan menggunakan metode statistik, atau sebagai kompleks sebagai menyeimbangkan berbagai proses (diatur dalam modul terpisah) untuk mendapatkan karakteristik sumber daya.

Model statis (analitis) dan dinamis (simulasi), keduanya digunakan dalam penilaian sumber daya biomassa. Model statis menggambarkan sebuah sistem matematis, dalam bentuk persamaan, dan dapat dibangun dalam spreadsheet. Misalnya memperkirakan jumlah dan biaya sisa tanaman (jerami padi misalnya) dengan menetapkan nilai (biasanya rata-rata) untuk beberapa variabel seperti produksi tanaman, residu yang dihasilkan, biaya tenaga kerja, dan harga (kimia, pupuk, bahan bakar, dan penanaman).

## **METODE PENELITIAN**

Pada penelitian ini, mencakup kegiatan yang terdiri dari studi kepustakaan, survey pendataan melalui pengumpulan data sekunder pada beberapa instansi terkait, serta analisis terhadap data – data yang telah diperoleh. Data yang dihimpun meliputi

berbagai hal dalam lingkup keperluan studi. Secara garis besar data dapat yang dikumpulkan berupa data biofisik dari beberapa jenis komoditas pertanian yang ada. Data biofisik meliputi data sumberdaya lahan dan data sumberdaya hayati tanaman pangan, termasuk tanaman perkebunan.

Metode dan pendekatan yang digunakan pada penelitian ini merujuk pada panduan yang dikembangkan oleh Biomass Energy Europe (Biomass Energy Europe. 2010b). Adapun penilaian tingkat potensi energi biomassa berdasarkan ketersediaan sumber daya tersebut, dilakukan dengan menggunakan metode statistik. Metode ini menggunakan data statistik berdasarkan penggunaan lahan, hasil panen, produksi tanaman, dan dari literatur. Data statistik kemudian dikombinasikan dengan faktor konversi, seperti hasil per ha, faktor residu ke tanaman (*residu to crop factor*), dan sebagainya. Faktor-faktor tersebut didasarkan pada penilaian/pendapat pakar, studi lapangan, atau tinjauan pustaka. Selain itu, asumsi dilakukan untuk menentukan bagian biomassa yang dapat digunakan untuk produksi energi, dengan mempertimbangkan kebutuhan penggunaan lahan untuk keperluan lain. Adapun potensi yang diukur berupa potensi energi teoritis.

### Metode Statistik – Residu Pertanian Primer

Residu pertanian primer yang paling penting dari biomassa pertanian yang tersedia untuk bioenergi adalah jerami dan batang padi (*straw*). Parameter yang mempengaruhi hipotesis jerami/batang padi adalah area lahan yang tertutup oleh tanaman ini dan jumlah jerami/batang padi yang dihasilkan per hektar atau per ton tanaman. Jenis lain dari residu yang harus dimasukkan dalam kategori residu primer adalah produk dari proses budidaya (misalnya pemangkasan pohon buah).

Metode teoritis dari residu tanaman tahunan, seperti padi, diperkirakan berdasarkan kawasan budidaya, dan produksi pertanian (AP) dalam ton per hektar, untuk setiap jenis tanaman dan rasio rata-rata antara produk dan residu (PtR).

Residu pertanian primer dihitung dengan:

$$THP\_PAR = \sum (CA_i \times AP_i \times PtR_i \times Av_i) \quad (1)$$

Dimana: *THP\_PAR* merupakan residu pertanian primer (misalnya jerami, batang padi), dalam ton, *CA<sub>i</sub>* adalah area yang dibudidayakan untuk tanaman-*i*, dalam hektar (ha), *AP<sub>i</sub>* merupakan produksi pertanian untuk tanaman-*i*, dalam ton per hektar (ton/ha) *PtR<sub>i</sub>* adalah rasio produk-residu untuk tanaman-*i*, sedangkan *Av<sub>i</sub>* merupakan ketersediaan residu untuk tanaman-*i* menurut sistem panen yang berlaku saat ini.

Untuk mengkonversi potensi teoritis residu pertanian dari satuan ton ke satuan energi, dilakukan dengan perkalian potensi (dalam ton/tahun) dengan nilai kalor rendah dari residu tertentu (GJ/ton<sub>kering</sub>). Nilai energi dihitung menggunakan nilai panas rendah 14,7 GJ/ton dengan kandungan air sekitar 20% (Calle et al, 2007). Rasio produk-residu menurut jenis tanaman (*PtR<sub>i</sub>*) adalah sebesar 1,757 (Koopmans, A. dan J. Koppejan. 1997); (Hambali, E et al, 2010). Sedangkan ketersediaan residu untuk tanaman-*i* menurut sistem panen yang berlaku saat ini (*Av<sub>i</sub>*) diasumsikan = 1.

### Metode Statistik – Residu Pertanian Sekunder

Residu pertanian sekunder (SAR) dihasilkan dan dikumpulkan dari perusahaan yang mengolah bagian tanaman pertanian yang dipanen untuk menghasilkan pangan/pakan. Di beberapa negara Eropa perusahaan wajib melaporkan volume dan

cara pemanfaatan residu yang mereka hasilkan kepada badan statistik setempat. Namun, jikadata statistic langsung tersebut tidak tersedia, metodologi untuk penilaian menggunakan persamaan berikut:

$$P_{ii} = Cr_i \times PtSR_i \quad (2)$$

Dimana:  $P_{ii}$  adalah potensi teoritis dari residu pertanian sekunder untuk tanaman- $i$  (ton/tahun),  $Cr_i$  merupakan jumlah produksi tanaman- $i$  (ton/tahun) dan  $PtSR_i$  merupakan rasio antara produk dan residu sekunder untuk tanaman- $i$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Potensi Biomassa

Hasil pengukuran potensi biomassa dibagi menjadi tiga kelompok. Kelompok pertama menjelaskan tentang potensi biomassa yang bersumber dari residu primer hasil pertanian, diantaranya: 1) Jerami padi sawah, 2) Jerami padi ladang, 3) Batang jagung dan 4) Batang ubi kayu. Kelompok kedua merupakan potensi biomassa yang bersumber dari residu sekunder pertanian, yang terdiri dari: 1) Sekam padi sawah, 2) Sekam padi ladang, dan 3) Tongkol jagung. Sedangkan kelompok ketiga adalah potensi biomassa yang bersumber dari perkebunan kelapa sawit, yang terdiri dari: 1) Tandan kosong kelapa sawit, 2) Serat, 3) Cangkang dan 4) Limbah cair (POME).

### Potensi Biomassa Residu Primer Pertanian.

Pada Tabel 1, dapat diuraikan hasil penilaian potensi energi biomassa yang bersumber dari residu primer pada empat jenis komoditas pertanian. Berdasarkan penilaian potensi teoritis, dapat diketahui bahwa, terdapat tiga wilayah dengan potensi biomassa residu primer pertanian tertinggi, yakni Rokan Hilir sebesar 3.666.063 GJ (21,48%), Indragiri Hilir sebesar 3.116.287 GJ (18,26%) dan Kampar sebesar 2.082.552 (12,20%).

### Potensi Biomassa Residu Sekunder Pertanian

Pada tabel 2, memperlihatkan potensi biomassa dari residu sekunder pertanian di setiap wilayah kabupaten di Provinsi Riau. Berdasarkan hasil penilaian potensi yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa terdapat dua wilayah yang paling potensial, yakni Rokan Hilir dengan potensi teoritis energi biomassa residu pertanian sebesar 1.299.584 GJ (28,84%) dan Indragiri Hilir dengan potensi sebesar 1.033.295 GJ (22,93%).

Berdasarkan keempat jenis potensi pertanian yang ada, dapat pula diketahui bahwa hasil pertanian padi sawah memiliki potensi biomassa terbesar yakni sebesar 75% dari total potensi biomassa pertanian primer dan sekunder. Sedangkan padi ladang, jagung dan ubi kayu masing-masingnya hanya 9%, 6% dan 10% dari keseluruhan potensi biomassa pertanian yang ada. (Gambar 2). Adapun total potensi teoritis biomassa pertanian keseluruhannya, yang dapat dihasilkan dari residu padi sawah, padi ladang, jagung dan ubikayu, adalah sebesar 12.571.642 GJ.

### Potensi Biomassa Perkebunan Kelapa Sawit.

Provinsi Riau merupakan salah satu wilayah yang memiliki jumlah perkebunan kelapa sawit terluas di Indonesia. Berdasarkan data statistik Perkebunan Provinsi Riau tahun 2012, luas areal perkebunan kelapa sawit rakyat di Provinsi Riau secara

keseluruhan adalah 2.401.460 Ha yang tersebar pada 12 Kabupaten. Dari total luas aral yang ada, 461.007 Ha kebun sawit telah menghasilkan dengan total produksi 4.477.081 ton.

Wilayah perkebunan sawit rakyat terbesar terdapat di Kabupaten Indragiri Hilir, dengan luas areal tanaman mencapai 580.627Ha (24,1%). Dari Kabupaten Indragiri Hilir tersebut selama tahun 2012 dapat dihasilkan sebanyak 644.098 ton kepala sawit. Wilayah lainnya di Provinsi Riau yang memiliki potensi sumber daya kelapa sawit rakyat cukup besar terdapat di Kabupaten Rokan Hulu dan Kabupaten Kampar dengan luas perkebunan sawit masing-masing mencapai 256.696 Ha (10,7%) dan 289.156 Ha (12,1%). Dari kedua wilayah tersebut, selama tahun 2012 telah diproduksi sebanyak masing-masingnya 579.011 ton (12,9%) dan 573.338 ton (12,8%) tandan buah segar (TBS) sawit. (Dinas Perkebunan Provinsi Riau, 2013).

Tabel 1. Potensi Teoritis Biomassa Residu Primer Pertanian

Wilayah	Jerami Padi Sawah		Jerami Padi Ladang		Batang Jagung		Batang Ubi Kayu		Total/ Wilayah (Gj/Th)
	Produksi (Ton/Th)	Energi (Gj/Th)	Produksi (Ton/Th)	Energi (Gj/Th)	Produksi (Ton/Th)	Energi (Gj/Th)	Produksi (Ton/Th)	Energi (Gj/Th)	
Bengkalis									
Indragiri Hilir	24.626	632.429	2.624	43.681	469	16.214	4.837	170.649	862.974
Indragiri Hulu	121.681	2.829.124	1.952	22.620	5.844	160.711	3.167	103.832	3.116.287
Kampar	13.650	505.463	4.155	87.659	841	31.706	7.285	219.071	843.900
Kuansing	29.346	910.835	9.656	431.177	3.146	142.991	19.552	597.549	2.082.552
Pelalawan	44.275	1.255.925	13	224	389	22.123	4.677	153.155	1.431.427
Rokan Hilir	37.475	997.481	309	10.621	18.361	566.949	5.388	161.629	1.736.681
Rokan Hulu	157.959	3.512.679	385	12.140	774	34.005	3.383	107.239	3.666.063
Siak	19.812	488.308	30.743	852.281	1.267	51.244	5.597	153.281	1.545.114
Dumai	27.032	720.660	414	9.737	491	17.025	4.676	159.014	906.436
Pekanbaru	694	112.428	3.620	85.837	225	9.987	6.505	160.310	368.563
Meranti	32	744	6	207	1.312	44.523	12.348	217.247	262.720
Total	5.419	177.809	0	0	78	6.689	2.065	57.773	242.270
	482.001	12.143.883	53.877	1.556.184	33.197	1.104.166	79.480	2.260.750	17.064.985

Sumber : Data Olahan, 2014.

Dimana: Rasio produk-residu primer ( $PtRi$ ) untuk tanaman Padi = 1,757; Jagung dan Ubi kayu = 2. Ketersediaan residu untuk tanaman menurut sistem panen yang berlaku saat ini ( $Avi$ ) = 1,

Tabel 2. Potensi Teoritis Biomassa Residu Sekunder Pertanian

Wilayah	Sekam Padi Sawah		Sekam Padi Ladang		Tongkol Jagung		Total/ Wilayah (Gj/Th)
	Produksi (Ton/Th)	Energi (Gj/Th)	Produksi (Ton/Th)	Energi (Gj/Th)	Produksi (Ton/Th)	Energi (Gj/Th)	
Bengkalis							
Indragiri Hilir	24.626	201.687	2.624	21.491	469	1.664	224.842
Indragiri Hulu	121.681	996.567	1.952	15.987	5.844	20.740	1.033.295
Kampar	13.650	111.794	4.155	34.029	841	2.985	148.808
Kuansing	29.346	240.344	9.656	79.083	3.146	11.165	330.592
Pelalawan	44.275	362.612	13	106	389	1.381	364.099
Rokan Hilir	37.475	306.920	309	2.531	18.361	65.163	374.614
Rokan Hulu	157.959	1.293.684	385	3.153	774	2.747	1.299.584
Siak	19.812	162.260	30.743	251.785	1.267	4.497	418.542
Dumai	27.032	221.392	414	3.391	491	1.743	226.525
Pekanbaru	694	5.684	3.620	29.648	225	799	36.130
	32	262	6	49	1.312	4.656	4.968
	5.419	44.382	0	0	78	277	44.658



Meranti

Total	482.001	3.947.588	53.877	441.253	33.197	117.816	4.506.657
-------	---------	-----------	--------	---------	--------	---------	-----------

Sumber: Data Olahan, 2014

Dimana: Rasio produk-residu sekunder (*PtRsi*) untuk sekam Padi = 0,7; untuk tongkol Jagung (*PtRsi*) = 0,3

Tabel 3. Potensi Teoriti Biomassa Kelapa Sawit Rakyat

Kabupaten	Energi Serat (Gj/Thn)	Energi Cangkang (Gj/Thn)	Energi Tandan (Gj/Thn)	Energi Kernel (Gj/Thn)	Energi POME (Gj/Thn)	Potensi Energi Total (Gj/Thn)
Bengkalis	696.520,02	443.782,24	680.493,90	394.489,22	277.995,25	2.493.280,62
Indragiri Hilir	1.237.312,26	88.343,75	1.208.843,13	700.778,62	493.836,38	4.429.114,13
Indragiri Hulu	468.047,81	298.212,97	457.278,57	265.089,02	186.807,36	1.675.435,73
Kampar	1.101.382,30	701.737,05	1.076.040,76	623.791,74	439.583,98	3.942.535,82
Kuansing	356.608,68	227.210,41	348.403,52	201.973,06	142.329,74	1.276.525,41
Pelalawan	937.326,98	597.210,49	915.760,16	530.875,46	374.106,18	3.355.279,26
Rokan Hilir	1.006.951,70	641.571,33	983.782,90	570.308,93	401.894,81	3.604.509,68
Rokan Hulu	1.112.280,13	708.680,51	1.086.687,84	629.963,97	443.933,52	3.981.545,98
Siak	1.076.645,58	685.976,24	1.051.873,20	609.781,57	429.711,05	3.853.987,65
Dumai	150.740,87	96.043,36	147.272,50	85.375,36	60.163,73	539.595,82
Pekanbaru	6.437,27	4.101,46	6.289,16	3.645,89	2.569,25	23.043,02
Meranti	450.220,93	286.854,71	439.861,86	254.992,38	179.692,29	1.611.622,18
Jumlah Total	8.600.474,52	5.479.724,51	8.402.587,50	4.871.065,22	3.432.623,54	30.786.475,29

Sumber: Data Olahan, 2014

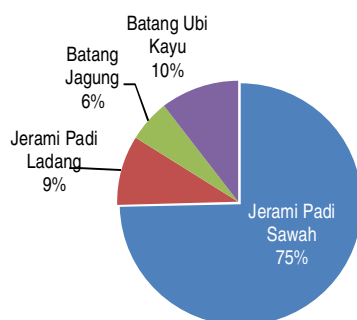
Dimana: Rasio produk-residu primer (*PtRi*) serat = 0,170; cangkang = 0,065; tandan kosong = 0,230; kernel = 0,064 dan POME = 1,217

Tabel 4. Potensi Teoriti Biomassa Kelapa Sawit Swasta

Kabupaten	Energi Serat (Gj/Thn)	Energi Cangkang (Gj/Thn)	Energi Tandan (Gj/Thn)	Energi Kernel (Gj/Thn)	Energi POME (Gj/Thn)	Potensi Energi Total (Gj/Thn)
Bengkalis	322.192,04	205.282,12	314.778,77	182.480,45	128.593,37	1.153.326,75
Indragiri Hilir	911.274,38	580.611,28	890.307,00	516.120,00	363.708,06	3.262.020,71
Indragiri Hulu	364.440,59	232.200,45	356.055,24	206.408,83	145.455,62	1.304.560,73
Kampar	1.442.313,69	918.958,80	1.409.127,72	816.885,63	575.656,60	5.162.942,44
Kuantan Singingi	392.245,15	249.915,90	383.220,04	222.156,54	156.552,98	1.404.090,61
Pelalawan	1.378.480,79	878.288,16	1.346.763,53	780.732,48	550.179,60	4.934.444,55
Rokan Hilir	670.186,95	427.004,33	654.766,72	379.574,91	267.485,18	2.399.018,11
Rokan Hulu	786.799,34	501.302,99	768.695,99	445.620,86	314.027,55	2.816.446,73
Siak	592.029,15	377.206,70	578.407,24	335.308,54	236.290,82	2.119.242,45
Kota Pekanbaru	58.751,86	37.433,29	57.400,05	33.275,39	23.449,06	210.309,65
Kepulauan	95.606,25	60.914,77	93.406,46	54.148,67	38.158,39	342.234,54
Meranti						
Jumlah	7.014.320,2	4.469.118,8	6.852.928,8	3.972.712,3	2.799.557,2	25.108.637,3

Sumber: Data Olahan, 2014

Dimana: Rasio produk-residu primer (*PtRi*) serat = 0,170; cangkang = 0,065; tandan kosong = 0,230; kernel = 0,064 dan POME = 1,217.



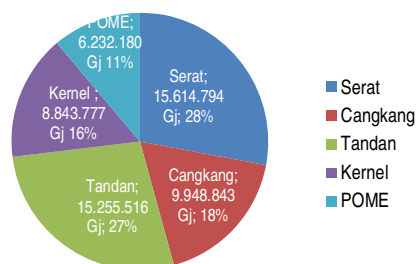
Gambar 2. Persentase Potensi Biomassa Pertanian

Berdasarkan Tabel 3 dan Tabel 4 di atas, dapat diketahui bahwa secara total, energi biomassa yang dapat dihasilkan dari potensi perkebunan kelapa sawit milik rakyat di Provinsi Riau adalah sebesar 30.786.475,29 GJ/Tahun. Adapun potensi terbesar dapat dihasilkan dari pemanfaatan serat (sabut) kelapa sawit, yakni sebesar 8.800.474,52 GJ (27,9%), dan dari pemanfaatan tandan kelapa sawit dengan nilai potensi energi secara teoritis sebesar 8.402.587,5 GJ/Tahun (27,2%).

Dari keseluruhan wilayah, Kabupaten Indragiri Hilir merupakan wilayah yang memiliki potensi perkebunan sawit rakyat paling tinggi, dengan nilai potensi energi total secara teoritis sebesar 4.429.114,13 GJ/Tahun (14,4%). Wilayah lainnya yang juga memiliki potensi perkebunan sawit rakyat cukup besar adalah Kabupaten Rokan Hulu, Kabupaten Kampar dan Kabupaten Siak, dengan potensi teoritis energi biomassa kelapa sawit yang dapat dihasilkan, masing-masing adalah 3.981.545,9 GJ/ Tahun (12,9%), 3.942.535,82 GJ/Tahun (12,8%) dan 3.853.987,65 GJ/Tahun (12,5%).

Sementara itu, melalui Tabel 4 di atas dapat pula diketahui bahwa secara teoritis, total potensi energi kelapa sawit dari perkebunan swasta yang dapat dihasilkan di Provinsi Riau pada tahun 2012 adalah sebesar 25.108.837,3 GJ/Tahun. Potensi energi terbesar, dapat dihasilkan dari pemanfaatan serat kelapa sawit, yakni sebesar 7.014.320,2 GJ/Tahun (27,9%). Sedangkan dari limbah tandan kelapa sawit perkebunan milik swasta, secara teoritis dapat menghasilkan energi sebesar 6.852.928,8 GJ/Tahun (27,2%).

Potensi biomassa terbesar terdapat di wilayah Kabupaten Kampar dengan total potensi energi biomassa untuk keseluruhan jenisnya adalah sebesar 5.162.942,44 GJ/Tahun.



Gambar 3. Potensi Teoritis Biomassa Kelapa Sawit

Berdasarkan analisis secara keseluruhan dapat dirangkum setiap potensi biomassa dan wilayah potensial dari masing-masing jenis biomassa seperti terlihat pada Tabel 5 sebagai berikut:

Tabel 5. Rekapitulasi Potensi Biomassa

Sumber Daya	Sumber Potensi Biomassa	Potensi Gabungan	%	Wilayah Potensi	
Pertanian	Padi Sawah	Jerami Sekam	16.091.472,1	20,7	Rokan Hilir
	Padi Ladang	Jerami Sekam	1.997.436,9	2,5	Rokan Hulu
	Ubi Kayu	Batang	2.260.750,2	2,9	Kampar
	Jagung	Batang Tongkol	1.221.983,1	1,6	Pelalawan
Perkebunan	Kelapa Sawit Milik Rakyat	Serat Cangkang Tandan Kernel POME	30.786.475,3	39,7	Indragiri Hilir
	Kelapa Sawit Milik Swasta	Serat Cangkang Tandan Kernel POME	25.108.637,3	32,4	Kampar
Total Potensi Energi Biomassa			77.466.754,8		

**Potensi Teoritis Energi Listrik**

Melalui Tabel-V di atas, dapat diketahui bahwa potensi teoritis biomassa secara keseluruhan yang dapat dihasilkan dari dua kelompok komoditas pertanian dan perkebunan di Provinsi Riau adalah sebesar 77.466.754,8 Gj. Nilai ini setara dengan 21.518.542,8 MWh energi listrik (dimana 1 Gj = 0,28MWh).

**Klaster Wilayah Menurut Potensi Biomassa**

Berdasarkan potensi perkebunan kelapa sawit, dari seluruh wilayah kabupaten yang ada di Provinsi Riau, dapat diklasifikasikan menjadi 3 kelompok utama seperti terlihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 6. Klaster Wilayah Menurut Potensi Biomassa

Cluster – 1	Cluster-2	Cluster-3
Kampar	Indragiri Hilir	Bengkalis
Pelalawan	Rokan Hilir	Indragiri Hulu
	Rokan Hulu	Kuansing
	Siak	Dumai
		Pekanbaru
		Meranti

Berdasarkan hasil analisis *K-Mean Cluster*, tingkat potensi biomassa kelapa sawit di Provinsi Riau dapat dibagi menjadi 3 klaster, yakni Klaster-1 dengan potensi biomassa di atas 8 juta Gj, terdiri dari Kabupaten Kampar dan Pelalawan Klaster-2 dengan potensi biomassa lebih antara 5 juta hingga 7 juta Gj, terdiri dari Kabupaten Indragiri Hilir, Rokan Hilir, Rokan Hulu dan Siak, serta Klaster-3 dengan potensi biomassa kurang dari 5 Juta Gj, terdiri dari Kabupaten Bengkalis, Indragiri Hulu, Kuansing, Dumai, Pekanbaru dan Meranti.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penilaian potensi biomassa di Provinsi Riau, dapat ditarik beberapa kesimpulan. Potensi biomassa yang dapat dihasilkan dari residu primer pertanian, secara teoritis berpotensi menghasilkan energi sebesar 17.064.985 Gj. Sedangkan potensi biomassa sekunder dari pertanian, berpotensi menghasilkan energi sebesar 4.506.657 Gj.

Dari empat sumber daya yang dinilai, Padi Sawah merupakan yang paling potensial dibandingkan dengan sumber daya pertanian lainnya. Dari biomassa padi sawah yang terdiri dari jerami dan sekam, secara teoritis berpotensi menghasilkan energi sebesar 16.091.472,33 Gj.

Potensi biomassa yang dapat dihasilkan dari perkebunan kelapa sawit, secara teoritis berpotensi menghasilkan energi sebesar energi sebesar 55.895.112,56 Gj. Dari seluruh wilayah yang ada di Provinsi Riau, Kabupaten Kampar merupakan wilayah paling potensial menghasilkan energi biomassa yang bersumber dari kelapa sawit milik rakyat. Total energi biomassa yang dapat dihasilkan dari wilayah ini adalah sebesar 9.105.478 Gj. Dengan total energi teoritis biomassa sebesar 77.466.754,8 Gj, secara teoritis berpotensi menghasilkan energi listrik sebesar 21.518.542,8 MWh.

### Saran

Penelitian ini adalah tahap pertama dari lima tahap penilaian potensi energi biomassa yaitu potensi teoritis, potensi teknis, potensi ekonomis, potensi implementasi dan potensi implementasi berkelanjutan.

Penilaian potensi teoritis energi biomassa memberikan estimasi energi yang besar karena energi yang terkandung dalam setiap biomassa di suatu wilayah diperhitungkan. Namun tidak semua potensi teoritis dapat digunakan sebagai sumber energi. Hambatan-hambatan seperti geografi, kebijakan, kebiasaan lokal, dan lain-lain, dapat menghalangi akses pada potensi teoritis. Oleh sebab itu, diperlukan studi lebih lanjut untuk menilai potensi teknis, yaitu potensi yang dapat diakses. Metode umum untuk mengubah potensi teoritis menjadi potensi teknis adalah dengan menerapkan faktor reduksi.

Selanjutnya, potensi teknis, walaupun bisa diakses, belum tentu semuanya bisa dimanfaatkan untuk memproduksi energi secara ekonomis. Maka selanjutnya

diperlukan studi untuk menilai potensi ekonomis untuk mendapatkan biaya pokok produksi per ton. Juga, walaupun potensi biomassa di kawasan tertentu telah dinilai ekonomis, masih terdapat hambatan-hambatan menuju tahap implementasi. Penilaian potensi implementasi fokus pada kelayakan atau dampak ekonomi, lingkungan, dan sosial dari kebijakan bioenergi. Terakhir, pemanfaatan biomassa menjadi energi, jika tidak direncanakan secara baik, dapat mengganggu keberlanjutan aspek lain. Studi potensi pemanfaatan berkelanjutan diperlukan untuk meyakinkan bahwa kapasitas biomassa yang dimanfaatkan tidak berdampak buruk pada sektor pembangunan yang lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- APEC, 2008. *Survey of Biomass Resource Assessments and Assessment Capabilities in APEC Economies*. Tersedia di: <http://www.nrel.gov/docs/fy09osti/43710.pdf>.
- Berndes, G., Hoogwijk, M., & Broek, R.V.D. 2003. The contribution of biomass in the future global energy supply: a review of 17 studies, *Journal of Biomass and Bioenergy* Vol. 25, Hal. 1-28.
- Bertrand, V., Dequiedt, B., & Cadre, E., L. 2014. Biomass for electricity in the EU-27: Potential demand CO<sub>2</sub> abatements and break even prices for co-firing, *Journal of Energy Policy*, Vol. 73, Hal. 631-644.
- Biomass Energy Europe. 2010. *Harmonization of biomass resource assessments, Volume I: Best Practices and Methods Handbook*. BEE: Freiburg-Germany.
- Biomass Energy Europe. 2010. *Methods & Data Sources for Biomass Resource Assessments for Energy*. BEE: Freiburg-Germany.
- BPPT. 2014. *Outlook Energy Indonesia Tahun 2014*.
- Calle, F., Rosillo, P. Groot, S. L. Hemstock, & Wood. 2007. *The Biomass Assessment Handbook: Bioenergy for a Sustainable Environment*, London: Earthscan.
- Dinas Perkebunan Provinsi Riau. 2013. *Statistik Perkebunan Provinsi Riau Tahun 2012*.
- Dirjen Ketenagalistrikan ESDM. 2013. *Buletin Bioenergi EBTKE Edisi 2014*.
- Hambali, E., Thahar, A., & Komarudin, A. 2010. *The Potential of Oil Palm and Rice Biomass as Bioenergy Feedstock*. 7th Biomass Asia Workshop 2010, Jakarta, Indonesia.
- Koopmans, A., & Koppejan, J. 1997. *Agricultural and Forest Residues - Generation, Utilization and Availability. Wood Energy Conservation Specialists - Regional Wood Energy Development Programme in Asia*. Diakses dari: [http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/RWEDP/acrobat/p\\_residues.pdf](http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/RWEDP/acrobat/p_residues.pdf).
- McKendry, P. 2002. Energy production from biomass (part 1): overview of biomass, *Journal of Bioresource Technology*, Vol. 83, Hal. 37-46.
- Thran D, et al. 2010. Global biomass potentials -Resources, drivers and scenario results, *Journal of Energy for Sustainable Development*, Vol. 14, Hal. 200-205.
- Welfe, A., Gilbert, P., & Thornley, P. 2014. Increasing biomass resource availability through supply chain analysis, *Journal of Biomass and Bioenergy*, Vol. 70, Hal. 249-266.
- Xingang, Z., Zhongfu, T., & Pingkuo, L., 2013, Development goal of 30 GW for China's biomass power generation: Will it be achieved?, *Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 25, Hal. 10-317.