

POTENSI ENERGI TEORITIS DAN TEKNIS DARI LIMBAH BIOMASSA DI PEKANBARU

Yelmira Zalfiatri¹, Kunaifi²

¹Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Riau

²Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau

Email: zalfiatri@gmail.com

ABSTRAK

Pekanbaru merupakan salah kota yang menyimpan potensi sumber energi alternatif yang belum terinventarisir dan dimanfaatkan secara optimal. Oleh sebab itu perlu dilakukan kegiatan survey potensi sumber energi alternatif di Pekanbaru untuk menginventarisasi data tentang jenis, sebaran dan potensi sumber energi alternatif. Tujuan dari penelitian ini menyediakan informasi mengenai potensi energi alternatif meliputi jenis, penyebaran dan jumlahnya. Data yang diperoleh merupakan data sekunder yang diperoleh dari instansi yang terkait seperti Badan Perencanaan Daerah, Dinas Pertanian dan Tanaman Pangan, Dinas Perkebunan, Dinas Peternakan dan Dinas Kebersihan. Data sekunder diolah menggunakan metode Biomass Energy Europe sehingga diperoleh data primer dalam bentuk energi potensial teoritis dan energi potensial teknis. Total energi potensial teoritis di Pekanbaru adalah 91,158,663.54 GJ/tahun meliputi limbah pertanian sebesar 4,309,632.37 GJ/tahun (4.73%), kotoran hewan 77,759,031.17 GJ/tahun (83.50%) dan sampah organik 9,090,000.00 GJ/tahun (9.97%). Total energi potensial teknis 88,542,679.88 GJ/tahun yang terdiri dari limbah pertanian 1,693,648.71 GJ/tahun (1.91%), kotoran hewan 77,759,031.17 GJ/tahun (87.82%) dan sampah organik 9,090,000.00 GJ/tahun (10.26%).

Kata kunci: Energi Alternatif, Biomassa, Potensi Teoritis, Potensi Teknis

ABSTRACT

Pekanbaru is one of the cities that have the potential to save energy alternatives have not inventory and utilized optimally. Therefore, it is necessary to survey the activities of potential alternative energy source for the inventory data on the type, distribution and potential of alternative energy sources. The aims of study to provide information about the potential alternative energy including type, distribution and quantity of energy sources. Data acquisition and distribution of potential in the form of secondary data obtained from the relevant institution. Institution involved in the study consisted of Regional Planning Agency, Department of Agriculture and Foodstuffs, the Agriculture Agency, Department of Animal Husbandry and Sanitation Department. Secondary data were processed using the method of Biomass Energy Europe (BEE) in order to obtain primary data in theoretical energy potential and technical energy potential. Total theoretical energy potential of biomass in Pekanbaru is 91,158,663.54 GJ/year consist of agricultural residues 4,309,632.37 GJ/year (4.73%), animal waste 77,759,031.17 GJ/year (83.50 %) and organic waste 9,090,000.00 GJ/year (9.97%). The total technical energy potential is 88,542,679.88 GJ/year consist of agricultural residues 1,693,648.71 GJ/year (1.91%), animal waste 77,759,031.17 GJ/year (87.82%) and organic waste 9,090,000.00 GJ/year (10.26%).

Keywords: Alternative Energy, Biomass, Theoretical Potential, Technical Pontensial

PENDAHULUAN

Pekanbaru merupakan salah satu wilayah yang paling besar menyimpan potensi sumber energi alternatif yang belum terinventarisir dan termanfaatkan secara optimal. Oleh sebab itu perlu dilakukan kegiatan survey potensi sumber energi alternatif di Pekanbaru untuk menginventarisasi data tentang jenis, sebaran dan potensi sumber energi alternatif. Data potensi berupa data sekunder yang didapatkan dari instansi yang terkait. Dari data sekunder ini akan menjadi pedoman bagi peneliti untuk mendapatkan data primer.

Tujuan dari kegiatan ini adalah memberikan informasi tentang potensi energi alternatif yang mencakup jenis, sebaran, dan kuantitas sumber energi alternatif dimana informasi ini dapat dijadikan sebagai bahan masukan bagi Pemerintah Kota Pekanbaru untuk pengembangan dan pengolahan sumber energi alternatif kedepan. Disamping itu informasi potensi energi alternatif dapat digunakan sebagai alat promosi bagi Pemerintah Kota Pekanbaru sebagai pengelola proyek, sehingga diharapkan dapat menjadi salah satu alat pengawasan, pengendalian dan perencanaan pembangunan sektor energi khususnya energi alternatif di Kota Pekanbaru.

METODE PENELITIAN

Pendekatan dan metode yang digunakan para penelitian ini merujuk pada panduan yang dikembangkan oleh Biomass Energy Europe (2010a) berjudul "Harmonization of biomass resource assessments, Volume I: Best Practices and Methods Handbook", kecuali disebut lain. Panduan ini digunakan secara luas pada penelitian ini karena akurasi dan kelengkapannya yang dipercaya. Panduan ini dirumuskan setelah melalui proses kajian mendalam terhadap 250 pendekatan dan metodologi dalam penilaian potensi energi biomassa dan kemudian dirumuskan menjadi metode baru yang lebih lengkap dan akurat (Biomass Energy Europe 2010b).

Empat kelompok biomassa yang ditinjau adalah: (1) biomassa hutan, (2) tanaman energi, (3) residu pertanian, dan (4) limbah organik. Penelitian menfokuskan potensi energi biomassa yang berasal dari limbah pertanian. Potensi teoritis biomassa tersebut dinilai menggunakan pendekatan berbasis sumber daya. Sedangkan metode yang digunakan adalah metode statistik dasar.

Energi Potensial dari Residu Pertanian

Biomass Energy Europe (2010a) membagi residu pertanian residu pertanian dalam tiga kelas utama:

1. Residu pertanian primer, seperti jerami gandum/padi, jelai, sereal, jagung, beras dan yang tersisa setelah panen di ladang. Pada penelitian ini residu pertanian primer yang dibahas meliputi residu padi sawah, padi ladang, jagung, ubi kayu, dan ubi jalar.

Energi Potensial dari residu pertanian dapat dihitung dengan:

$$THP_PAR = \sum (CA_i \times AP_i \times PtR_i \times Av_i) \quad (\text{Persamaan 1})$$

dimana:

- THP_PAR = residu pertanian primer (misalnya jerami, batang padi), dalam ton
 Cai = area yang dibudidayakan untuk tanaman-i, dalam hektar (ha)
 APi = produksi pertanian untuk tanaman-i, dalam ton per hektar (ton/ha)
 PtRi = rasio produk-residu untuk tanaman-i
 Avi = ketersediaan residu untuk tanaman-i menurut sistem panen yang berlaku saat ini

Dengan mengasumsikan rasio produk-residu tanaman energi PtR_i sebesar 1,757 (Kunaifi, 2011^a) dan ketesediaan residu untuk tanaman energi sebesar 1 (Kunaifi, 2011^b) maka dapat diketahui potensi teoritis dari residu pertanian primer. Potensi teoritis dari residu pertanian untuk tanaman (P_{ti}) dapat dihitung menggunakan rumus :

$$P_{ti} = C_{ri} \times PtSR_i \quad (\text{Persamaan 2})$$

dimana:

P_{ti} = potensi teoritis dari residu pertanian untuk tanaman-i (ton/tahun)

C_{ri} = jumlah produksi tanaman-i (ton/tahun)

$PtSR_i$ = rasio antara produk dan residu sekunder untuk tanaman-i

i = 1,2,...,n

n = jumlah tanaman pertanian yang diperhitungkan dalam penilaian tertentu.

Pengambilan asumsi produksi pertanian untuk tanaman AP_i berdasarkan Dinas Pertanian dan Tanaman Pangan Kota pekanbaru (2013) dan rasio antara produk dan residu sekunder untuk tanaman sebesar 0,7 (Kunaifi, 2011^c). Dengan mensubstitusikan persamaan 2 ke persamaan 1 menggunakan asumsi yang berlaku maka dapat diketahui potensi teoritis dari residu pertanian pada tanaman energi THP_PAR (ton/tahun) Dalam mengkonversi potensi teoritis dari residu pertanian ke bentuk potensi energi maka digunakan nilai energi panas rendah 14,7 GJ/ton dengan kandungan air sekitar 20% (Kunaifi, 2011^c).

2. Residu pertanian sekunder, seperti ampas tebu, sekam padi, sekam bunga matahari, kulit kacang, cangkang kopi dan biji kakao, cangkang kacang merah, dan biomassa sejenis, yang dihasilkan setelah pengolahan tanaman utama. Residu pertanian sekunder yang dibahas pada penelitian ini meliputi residu pengolahan padi sawah, padi ladang, jagung, kacang tanah, ubi kayu, residu pengolahan kelapa sawit milik rakyat, residu pengolahan kelapa sawit milik swasta, residu pengolahan kelapa sawit milik pemerintah, dan residu pengolahan buah kelapa
3. Kotoran ternak, seperti sapi, kerbau, babi, dan ayam. Pada penelitian ini kotoran hewan yang dimasukkan ke dalam perhitungan meliputi kotoran sapi potong, kerbau, kambing, ayam pedaging, ayam buras, itik, dan itik.

Metode untuk memperkirakan potensi teoritis kotoran ternak didasarkan pada faktor "kepala hewan ternak dan unggas". Dengan mengalikan jumlah kepala dengan rasio "kotoran per kepala" untuk jenis ternak tertentu, kita dapat memperkirakan jumlah total kotoran ternak yang dihasilkan, dinyatakan dengan persamaan:

$$THP_manure = \sum NHead_i \times MpH_i \quad (\text{Persamaan 3})$$

dimana:

THP_manure = potensi teoritis dari kotoran ternak (ton/tahun)

$NHead_i$ = jumlah kepala hewan ternak jenis-i

MpH_i = banyaknya kotoran untuk jenis ternak-i (ton/kepala)

i = jenis hewan ternak, yaitu: sapi, kerbau, babi, unggas, dll.

Biogas adalah produk utama dari pencernaan (digestion) kotoran ternak yang digunakan untuk menghasilkan energi. Oleh karena itu, untuk memberikan potensi energi, banyaknya kotoran ternak dikalikan dengan hasil biogas tertentu dan kandungan energi biogas (Persamaan 4).

$$Energy_manure = \sum NHead_i \times MpH_i \times BY_i \times GEC_i \quad (\text{Persamaan 4})$$

dimana:

BY_i = hasil biogas untuk kotoran hewan jenis-i, (m³/ton)

GEC_i = kandungan energi dari gas yang dihasilkan dari kotoran ternak jenis-i, (Joule/m³)

Pengambilan asumsi banyaknya kotoran untuk jenis ternak (MpHi) tergantung pada bobot ternak (Kunaifi, 2011^c). Sedangkan kandungan energi dari gas yang dihasilkan dari kotoran ternak sebesar (GECi) sebesar 1000 joule/m³ dan hasil biogas untuk setiap kotoran hewan (Byi) 0,2 m³/ton maka dapat sehingga diperoleh nilai potensi teoritis dari kotoran ternak pada setiap ternak (THP_manure) dan hasil biogas untuk setiap kotoran hewan (*energy manure*).

2.2 Energi Potensial dari Limbah Organik

Selain berasal dari biomassa dari limbah pertanian, sumber energi yang potensial adalah biomassa limbah perkotaan. Metode langsung untuk menentukan potensi teoritis (dan potensi teknis) dari limbah kota biodegradable berdasarkan aplikasi termal (seperti insinerasi) digambarkan pada Persamaan 5.

$$TP_BMW_{x,y} = MSW_{x,y} \times POP_{x,y} \times ACC_x \times OC_x \times LHV_{BMW} \quad (\text{Persamaan 5})$$

dimana:

$TP_BMW_{x,y}$ = potensi biomassa limbah kota biodegradable di kawasan x pada tahun y (PJ/tahun)

$MSW_{x,y}$ = produksi limbah kota per kapita di di kawasan x pada tahun y (ton/orang/tahun)

$POP_{x,y}$ = jumlah penduduk di kawasan x pada tahun y (orang)

ACC_x = persentase jumlah penduduk yang mendapat pelayanan limbah kota (%)

OC_x = kandungan organik limbah kota biodegradable di kawasan x (tanpa satuan)

LHV_{BMW} = nilai kalor rendah limbah kota biodegradable (GJ/ton

x = Negara/propinsi/kota/kawasan

y = tahun

Asumsi yang digunakan dalam perhitungan mencari potensi biomassa limbah kota biodegradable adalah persentase jumlah penduduk yang mendapat pelayanan limbah kota. Sedangkan kandungan organik limbah kota biodegradable di kawasan x OC_x berdasarkan hasil Wawancara dengan staf Dinas pasar, Kebersihan, dan Pertamanan Kuantan Singingi dan nilai nilai kalor rendah limbah kota biodegradable (GJ/ton) dari IPCC (2006)

Potensi limbah biomassa limbah kota akan menghasilkan potensial energi dalam bentuk gas. Untuk menentukan potensi energi dari gas di tempat pembuangan sampah, dapat digunakan informasi produksi metana dari lokasi pembuangan limbah padat. Metode ini diringkas pada Persamaan 6.

$$TP_LFG_{x,energy} = CH_4 \text{ generated} \times LHV_{CH_4} \quad (\text{Persamaan 6})$$

dimana:

$TP_LFG_{x,energy}$ = potensi gas pada tempat pembuangan sampah di kawasan x (PJ)

$CH_4 \text{ generated}$ = banyaknya metana (CH₄) yang dihasilkan dari bahan terurai (kton CH₄)

$CH_4 \text{ generated}$ = nilai kalor rendah metana (PJ/kton)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Energi Potensial dari 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 potensi 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).

Potensi energi teoritis dari residu pertanian berasal dari limbah padat setelah panen dari padi sawah, padi ladang, jagung dan ubi kayu. Tabel 1 memperlihatkan potensi teoritis energi biomassa dari residu pertanian primer pada padi sawah. Terlihat bahwa residu pertanian padi sawah sebesar 38,65 ton/tahun. Dalam bentuk energi, maka residu pertanian pada padi sawah yang berupa jerami memiliki potensi energi 568,21 GJ/tahun. Kecamatan Bukit Raya memiliki potensi terbesar 454,57 GJ/tahun (80%) selebihnya berada di Kecamatan Rumbai Pesisir sebesar 113,64 GJ/tahun (20%).

Residu pertanian primer pada padi ladang. Terlihat bahwa residu pertanian padi sawah sebesar 15,46 ton/tahun. Dalam bentuk energi, maka residu pertanian pada padi sawah yang berupa jerami memiliki potensi energi 227,29GJ/tahun. Potensi energi teoritis pada padi ladang Kota Pekanbaru berada di Kecamatan Rumbai Pesisir

Potensi energi teoritis residu pertanian primer dari jagung sebesar 5.799,30 ton/tahun. Dalam bentuk energi, maka residu pertanian pada jagung memiliki potensi energi 85.249,67GJ/tahun. Potensi energi teoritis pada jagung terbesar berada di Kecamatan Rumbai sebesar 59.995,07 GJ/tahun (70,37%). Selanjutnya berada pada Kecamatan Tenayan Raya sebesar 9937,20 GJ/tahun (11,62%) dan Kecamatan Tampan sebesar 8484,84 GJ/tahun (9,95%).

Sedangkan potensi energi teoritis residu pertanian dari ubi kayu sebesar 12.896,00ton/tahun. Dalam bentuk energi, maka residu pertanian pada padi sawah yang berupa jerami memiliki potensi energi 189.571,20GJ/tahun. Potensi energi teoritis pada jagung terbesar berada di Kecamatan Tenayan Raya sebesar 108.662,40 GJ/tahun (57,32%) dan Kecamatan Rumbai 51.744,00 GJ/tahun (27,29%)

Tabel 1. Potensi Energi Teoritis Residu Pertanian Primer

Kecamatan	Padi Sawah		Padi Ladang		Jagung		Ubi Kayu	
	Residu Pertanian (ton/tahun)	Energi Jerami (Gj/Thn)	Residu Pertanian (ton/tahun)	Energi Jerami (Gj/Thn)	Residu Pertanian (ton/tahun)	Energi (Gj/Thn)	Residu Pertanian (ton/tahun)	Energi (Gj/Thn)
Kecamatan Bukit Raya	30.92	454.57	0.00	0.00	15.60	229.32	32.00	470.40
Kecamatan Lima Puluh	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kecamatan Marpoyan Damai	0.00	0.00	0.00	0.00	83.20	1223.04	224.00	3292.80
Kecamatan Payung Sekaki	0.00	0.00	0.00	0.00	78.00	1146.60	416.00	6115.20
Kecamatan Pekanbaru Kota	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kecamatan Rumbai	0.00	0.00	0.00	0.00	4081.30	59995.07	3520.00	51744.00
Kecamatan Rumbai Pesisir	7.73	113.64	15.46	227.29	288.00	4233.60	480.00	7056.00
Kecamatan Sail	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kecamatan Senapelan	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kecamatan Sukajadi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kecamatan Tampan	0.00	0.00	0.00	0.00	577.20	8484.84	832.00	12230.40
Kecamatan Tenayan Raya	0.00	0.00	0.00	0.00	676.00	9937.20	7392.00	108662.40

Perhitungan potensi energi teknis menggunakan faktor reduksi 70% (Patilo, 2014). Faktor reduksi disebabkan oleh penurunan kualitas residu pertanian pada saat pengangkutan, rusak dan terbuang pada proses pengolahan. Selain itu, belum adanya penanganan khusus terhadap residu pertanian untuk proses pengolahan menjadi energi terbaharukan. Tabel 2 menampilkan potensi energi teknis dari residu pertanian untuk setiap kecamatan di Kota pekanbaru.

Tabel 2. Potensi Energi Teknis Residu Pertanian Primer

Kecamatan	Faktor reduksi	Padi Sawah	Padi Ladang	Jagung	Ubi Kayu
		Energi jerami (Gj/Thn)	Energi (Gj/Thn)	Energi (Gj/Thn)	Energi (Gj/Thn)
Kecamatan Bukit Raya	70%	136.37	0.00	68.80	141.12
Kecamatan Lima Puluh	70%	0.00	0.00	0.00	0.00
Kecamatan Marpoyan Damai	70%	0.00	0.00	366.91	987.84
Kecamatan Payung Sekaki	70%	0.00	0.00	343.98	1834.56
Kecamatan Pekanbaru Kota	70%	0.00	0.00	0.00	0.00
Kecamatan Rumbai	70%	0.00	0.00	17998.52	15523.20
Kecamatan Rumbai Pesisir	70%	34.09	68.19	1270.08	2116.80
Kecamatan Sail	70%	0.00	0.00	0.00	0.00
Kecamatan Senapelan	70%	0.00	0.00	0.00	0.00
Kecamatan Sukajadi	70%	0.00	0.00	0.00	0.00
Kecamatan Tampan	70%	0.00	0.00	2545.45	3669.12
Kecamatan Tenayan Raya	70%	0.00	0.00	2981.16	32598.72

Energi Potensial dari Residu Pertanian Sekunder

Residu pertanian sekunder (SAR) dihasilkan dan dikumpulkan dari perusahaan yang mengolah bagian tanaman pertanian yang dipanen untuk menghasilkan pangan/pakan. Tabel 3 memperlihatkan potensi teoritis energi biomassa dari residu pertanian sekunder pada padi ladang. Terlihat bahwa residu pertanian padi ladang sebesar 7,7ton/tahun. Dalam bentuk energi, maka residu pertanian pada padi sawah yang berasal jerami di kota pekanbaru sebesar 90,1GJ/tahun. Potensi energi teoritis dari residu pertanian skunder padi ladang ini hanya berada di Kecamatan Rumbai Pesisir

Tabel 4 memperlihatkan potensi teoritis energi biomassa dari residu pertanian sekunder pada padi ladang. Terlihat bahwa residu pertanian padi ladang sebesar 20,0ton/tahun. Dalam bentuk energi, maka residu pertanian pada padi ladang yang berasal jerami di Kota pekanbaru sebesar 234,2GJ/tahun. Penyebaran potensi energi teoritis dari residu pertanian padi ladang berada di Kecamatan Bukit Raya sebesar 16,9 ton/tahun (80%) dan Kecamatan Rumbai Pesisir sebesar 3,1 ton/tahun (20%).

Pada residu pertanian sekunder jagung terdapat dua limbah biomassa yang berpotensi yaitu tongkol jagung dan kulit jagung. Tabel 4 memperlihatkan potensi teoritis energi biomassa dari residu pertanian skunder pada jagung. Terlihat bahwa residu pertanian jagung dalam bentuk residu skunder tongkol dan residu skunder kulit sebesar 753,1 ton/tahun dan 551,7 ton/tahun. Dalam bentuk energi, maka residu pertanian pada jagung dari kedua limbah ini setara dengan 9.790,3Gj/tahun dan 7.172,4Gj/tahun.

Pada residu pertanian skunder ubi kayu terdapat dua limbah biomassa yang berpotensi yaitu batang dan kulit ubi kayu. Tabel 36 memperlihatkan potensi teoritis energi biomassa dari residu pertanian sekunder pada ubi kayu. Terlihat bahwa residu pertanian jagung dalam bentuk residu skunder batang dan residu skunder kulit sebesar 344,2 ton/tahun dan 166,6ton/tahun. Dalam bentuk energi, maka residu pertanian pada jagung dari kedua limbah ini setara dengan 6.023,9Gj/tahun dan 2.608,3Gj/tahun.

Tabel 3. Potensi Energi Teoritis Residu Pertanian Skunder

Kecamatan	Padi Sawah		Padi Ladang		Jagung				Ubi Kayu			
	Residu Skunder (ton/tahun)	Energi Sekam (Gj/Thn)	Residu Skunder (ton/tahun)	Energi Sekam (Gj/Thn)	Residu Skunder (tongkol ton/tahun)	Residu Skunder (kulit ton/tahun)	Energi tongkol (Gj/Thn)	Energi Kulit (Gj/Thn)	Residu Skunder (batang ton/tahun)	Residu Skunder (kulit ton/tahun)	Energi batang (Gj/Thn)	Energi Kulit (Gj/Thn)
Kecamatan Bukit Raya	16.9	198.2	0.0	0.0	2.1	1.6	27.7	20.3	1.0	0.5	17.4	7.5
Kecamatan Lima Puluh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Marpoyan Damai	0.0	0.0	0.0	0.0	11.4	8.3	147.6	108.2	2.0	1.0	34.7	15.0
Kecamatan Payung Sekaki	0.0	0.0	0.0	0.0	9.2	6.8	120.0	87.9	14.9	7.2	260.4	112.8
Kecamatan Pekanbaru Kota	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Rumbai	0.0	0.0	0.0	0.0	528.5	387.2	6870.9	5033.6	120.0	58.1	2100.6	909.5
Kecamatan Rumbai Pesisir	3.1	36.0	7.7	90.1	39.3	28.8	511.1	374.4	8.9	4.3	156.2	67.7
Kecamatan Sail	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Senapelan	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Sukajadi	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Tampan	0.0	0.0	0.0	0.0	80.9	59.3	1051.9	770.6	23.8	11.5	416.6	180.4
Kecamatan Tenayan Raya	0.0	0.0	0.0	0.0	81.6	59.8	1061.2	777.4	173.6	84.0	3038.0	1315.4

Perhitungan potensial energi secara teknis residu pertanian skunder pada padi sawah, padi ladang, jagung, ubi kayu, kacang tanah menggunakan faktor reduksi 70% (Patilo, 2014). Faktor reduksi disebabkan oleh penurunan kualitas pada saat pengangkutan, rusak dan terbang. Selain itu, tidak adanya penanganan khusus dari petani untuk sebelum mengolah residu pertanian menjadi energi terbaharukan.

Tabel 4. Potensi Energi Teknis Residu Pertanian Skunder

Kecamatan	Faktor reduksi	Padi Sawah	Padi Ladang	Jagung		Ubi Kayu	
		Energi Sekam (Gj/Thn)	Energi Sekam (Gj/Thn)	Energi tongkol (Gj/Thn)	Energi kulit (Gj/Thn)	Energi tongkol (Gj/Thn)	Energi kulit (Gj/Thn)
Kecamatan Bukit Raya	70%	59.5	0.0	8.3	6.1	5.2	2.5
Kecamatan Lima Puluh	70%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Marpoyan Damai	70%	0.0	0.0	44.3	32.4	10.4	5.0
Kecamatan Payung Sekaki	70%	0.0	0.0	36.0	26.4	78.1	37.8
Kecamatan Pekanbaru Kota	70%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Rumbai	70%	0.0	0.0	2061.3	1510.1	630.2	304.9
Kecamatan Rumbai Pesisir	70%	10.8	27.0	153.3	112.3	46.9	22.7
Kecamatan Sail	70%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Senapelan	70%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Sukajadi	70%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Tampan	70%	0.0	0.0	315.6	231.2	125.0	60.5
Kecamatan Tenayan Raya	70%	0.0	0.0	318.3	233.2	911.4	441.0

Tabel 5 sampai Tabel 8 memperlihatkan potensi teoritis dan teknis dalam bentuk residu dan energi biomassa sekunder dari residu kelapa sawit milik rakyat dan swasta dalam bentuk sabut buah kelapa sawit. Dari Tabel 5 memperlihatkan potensi energi teoritis residu skunder kelapa sawit pada perkebunan rakyat. Total residu sabut kelapa sawit kebun sebesar 17.521,4 ton/tahun. Dalam bentuk potensi energi, maka sabut kelapa sawit di seluruh kota Pekanbaru memiliki potensi energi sebesar 197.991,3 GJ/tahun. Dalam bentuk residu cangkang kelapa sawit adalah 6.699,3ton/tahun yang berpotensi menghasilkan energi 126.148,6Gj/tahun.

Limbah padat lain dari pengolahan kelapa sawit yang yaitu tandan kosong dan inti sawit yang masing-masing mempunyai residu 23.705,4 ton/tahun dan 6.596,3 ton/tahun. Apabila dikonversikan dalam bentuk energi maka energi potensial residu primer sebesar 193.435,8 Gj/tahun pada tandan kosong dan 112.136,7Gj/tahun pada inti sawit. Selain itu, proses pengolahan kelapa sawit menghasilkan limbah cair berupa POME sebesar 125.432,3ton/tahun atau setara dengan 79.022,3Gj/tahun

Tabel 5. Potensi Energi Teoritis Residu Pertanian Skunder pada Perkebunan Kelapa Sawit Milik Rakyat

Kecamatan	Luas tanaman (Ha)	Luas Panen (ha)	THP_PAR / Residu sekunder (fibre)	THP_PAR / Residu sekunder (Shell)	THP_PAR / Residu sekunder (Bunches)	THP_PAR / Residu sekunder (Kernel)	THP_PAR / Residu sekunder (POME)	Produksi biogas POME (m ³ /Thun)	Energi fibre (Gj/Thn)	Energi shell (Gj/Thn)	Energi bunches (Gj/Thn)	Energi Kernel (Gj/Thn)	Energi POME (Gj/Thn)
Kecamatan Bukit Raya	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Lima Puluh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Marpoyan Damai	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Payung Sekaki	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
natan baru Kota	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
natan rai	452.3	542.7	1845.2	705.5	2496.4	694.7	13209.3	369860.9	20850.5	13284.8	20370.8	11809.2	8321.9
natan rai Pesisir	761.2	1141.8	3105.7	1187.5	4201.8	1169.2	22233.1	622527.6	35094.4	22360.1	34286.9	19876.5	14006.9
natan Sail	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
natan elan	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
natan adi	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
natan an	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
natan an Raya	3081.0	6162.0	12570.5	4806.4	17007.1	4732.4	89989.8	2519715.7	142046.4	90503.8	138778.1	80451.1	56693.6

Tabel 6. Potensi Energi Teknis Residu Pertanian Skunder pada Perkebunan Kelapa Sawit Milik Rakyat

Kecamatan	Faktor Reduksi	Produksi biogas POME (m ³ /Tahun)	Energi fibre (Gj/Thn)	Energi shell (Gj/Thn)	Energi bunches (Gj/Thn)	Energi Kernel (Gj/Thn)	Energi POME (Gj/Thn)
Kecamatan Bukit Raya	60%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Lima Puluh	60%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Marpoyan Damai	60%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Payung Sekaki	60%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Pekanbaru Kota	60%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Rumbai	60%	147944.4	8340.2	5313.9	8148.3	4723.7	3328.7
Kecamatan Rumbai Pesisir	60%	249011.1	14037.7	8944.0	13714.8	7950.6	5602.7
Kecamatan Sail	60%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Senapelan	60%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Sukajadi	60%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Tampan	60%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Tenayan Raya	60%	1007886.3	56818.6	36201.5	55511.2	32180.4	22677.4

Residu skunder kelapa sawit pada perkebunan swasta dapat dilihat pada Tabel 7. Total residu sabut kelapa sawit kebun rakyat adalah 81.542,6 ton/tahun. Dalam bentuk potensi energi, maka sabut kelapa sawit di seluruh kota Pekanbaru memiliki potensi energi sebesar 921.430,9 GJ/tahun. Dalam bentuk residu cangkang kelapa sawit adalah 31.178,0 ton/tahun yang berpotensi menghasilkan energi 587.082,4 GJ/tahun. Limbah padat lain dari pengolahan kelapa sawit yang yaitu tandan kosong dan inti sawit yang masing-masing mempunyai residu 110.322,3 ton/tahun dan 30.698,4 ton/tahun. Apabila dikonversikan dalam bentuk energi maka energi potensial residu primer sebesar 900.229,8 GJ/tahun pada tandan kosong dan

521.872,3Gj/tahun pada inti sawit. Selain itu, proses pengolahan kelapa sawit menghasilkan limbah cair berupa POME sebesar 583748,8ton/tahun atau setara dengan 367.761,7Gj/tahun.

Tabel 7. Potensi Energi Teoritis Residu Pertanian Skunder pada Perkebunan Kelapa Sawit Milik Swasta

Kecamatan	Luas tanaman (Ha)	luas penen untuk TM (ha)	THP_PAR / Residu sekunder (Shell)	THP_PAR / Residu sekunder (Bunches)	THP_PAR / Residu sekunder (Kernel)	THP_PAR / Residu sekunder (POME)	Produksi biogas POME (m3/Tahun)	Energi fibre(Gj/Thn)	Energi shell (Gj/Thn)	Energi bunches (Gj/Thn)	Energi Kernel (Gj/Thn)	Energi POME (Gj/Thn)
Kecamatan Bukit Raya	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Lima Puluh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Marpoyan Damai	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Payung Sekaki	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Pekanbaru Kota	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Rumbai	401.0	481.2	2502.2	8854.1	2463.7	46849.6	1311789.7	73950.8	47117.2	72249.3	41883.6	29515.3
Kecamatan Rumbai Pesisir	3613.0	4335.6	22545.1	79775.0	22198.3	422114.0	11819192.4	666295.0	424524.6	650964.3	377370.6	265931.8
Kecamatan Sail	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Senapelan	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Sukajadi	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Tampan	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Tenayan Raya	982.5	1179.0	6130.7	21693.2	6036.4	114785.1	3213982.9	181185.0	115440.6	177016.2	102618.1	72314.6

Tabel 8. Potensi Energi Teknis Residu Pertanian Skunder pada Perkebunan Kelapa Sawit Milik Swasta

Kecamatan	Faktor Reduksi	THP_PAR / Residu sekunder (POME)	Produksi biogas POME (m3/Thn)	Energi fibre(Gj/Thn)	Energi shell (Gj/Thn)	Energi bunches (Gj/Thn)	Energi Kernel (Gj/Thn)	Energi POME (Gj/Thn)
Kecamatan Bukit Raya	60%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Lima Puluh	60%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Marpoyan Damai	60%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Payung Sekaki	60%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Pekanbaru Kota	60%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Rumbai	60%	18739.9	524715.9	29580.3	18846.9	28899.7	16753.5	11806.1
Kecamatan Rumbai Pesisir	60%	168845.6	4727677.0	266518.0	169809.8	260385.7	150948.2	106372.7
Kecamatan Sail	60%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Senapelan	60%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Sukajadi	60%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Tampan	60%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecamatan Tenayan Raya	60%	45914.0	1285593.2	72474.0	46176.2	70806.5	41047.2	28925.8

Energi Potensial dari Kotoran Hewan

Potensi teoritis energi biomassa sekunder dari kotoran ternak dalam bentuk kotoran ternak dapat dilihat pada Tabel 9. Terlihat bahwa total residu kotoran sapi adalah 2.159.015,04 m³/tahun atau dalam bentuk potensi energi sebesar 43.180.300,80 MJ/tahun. Total residu kotoran kerbau adalah 264.513,6 m³/tahun yang memiliki potensi energi 5.290.272,00 MJ/tahun. Sedangkan kambing mempunyai total residu kotoran 127.580,54

m³/tahun dan dalam bentuk potensi energi sebesar 2.551.610,88 Mj/tahun. Terakhir babi dan ayam buras yang mempunyai total residu kotoran sebesar 33710,98 m³/tahun dan 1.303.131,40 m³/tahun atau setara dengan 674.219,52 Mj/tahun dan 26.062.627,97 Mj/tahun

Residu kotoran hewan pada sapi, kerbau, kambing, ayam pendaging dan ayam buras memiliki potensi energi dalam bentuk biogas. Total keseluruhan potensi teoritis energi biomassa dari kelima kotoran hewan sebesar 3.887.951,56m³/tahun biogas atau setara dengan 77.759.031,17Mj/tahun. Nilai potensi energi teknis sama dengan potensi energi teoritis. Perhitungan potensi energi teknis menggunakan faktor residu 0%. Hal ini dikarenakan seluruh kotoran ternak hewan dapat dimanfaatkan. Peternakan difokuskan pada peningkatan bobot ternak bukan budidaya sehingga semua hewan ternak berada di dalam kandang. Pemanfaatan kotoran ternak dapat berupa pembuatan pupuk dan potensi energi terbaharukan.

Tabel 9. Energi Potensial Teoritis pada Kotoran Hewan

Kecamatan	Sapi		Kerbau		Kambing		Babi		Ayam Buras	
	NHead _i (ekor)	energy_manure (Mj/tahun)	NHead _i (ekor)	energy_manure (Mj/tahun)	NHead _i (ekor)	energy_manure (Mj/tahun)	NHead _i (ekor)	energy_manure (Mj/tahun)	NHead _i (ekor)	energy_manure (Mj/tahun)
Kecamatan Bukit Raya	104.00	1,090,252.80	0	0.00	596.00	312,399.36	0.00	0.00	15,130.00	679,760.64
Kecamatan Lima Puluh	33.00	345,945.60	6	67,392.00	54.00	28,304.64	0.00	0.00	2,233.00	100,324.22
Kecamatan Marpoyan Damai	256.00	2,683,699.20	5	56,160.00	526.00	275,708.16	0.00	0.00	18,321.00	823,125.89
Kecamatan Payung Sekaki	25.00	262,080.00	0	0.00	179.00	93,824.64	73.00	3,279.74	17,366.00	780,219.65
Kecamatan Pekanbaru Kota	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	267.00	11,995.78
Kecamatan Rumbai	578.00	6,059,289.60	94	1,055,808.00	1691.00	886,354.56	7327.00	329,187.46	33,920.00	1,523,957.76
Kecamatan Rumbai Pesisir	974.00	10,210,636.80	21	235,872.00	439.00	230,106.24	0.00	0.00	36,582.00	1,643,556.10
Kecamatan Sail	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,293.00	58,091.90
Kecamatan Senapelan	0.00	0.00	0	0.00	28.00	14,676.48	0.00	0.00	1,045.00	46,949.76
Kecamatan Sukajadi	0.00	0.00	0	0.00	114.00	59,754.24	0.00	0.00	8,453.00	379,776.38
Kecamatan Tampan	120.00	1,257,984.00	3	33,696.00	153.00	80,196.48	0.00	0.00	26,036.00	1,169,745.41
Kecamatan Tenayan Raya	2,029.00	21,270,412.80	342	3,841,344.00	1088.00	570,286.08	652.00	341,752.32	35,953.00	18,845,124.48

Potensi Energi dari Limbah Perkotaan

Asumsi yang digunakan dalam perhitungan mencari potensi biomassa limbah kota biodegradable adalah persentase jumlah penduduk yang mendapat pelayanan limbah kota. Sedangkan kandungan organik limbah kota biodegradable di kawasan x Ocx berdasarkan hasil Wawancara dengan staf Dinas pasar, Kebersihan, dan Pertamanan Kota Pekanbaru dan nilai nilai kalor rendah limbah kota biodegradable (GJ/ton) dari IPCC (2006)

Tabel 11. Total Residu dan Potensi Energi dari Limbah Perkotaan

Kabupaten	Jumlah Sampah (Ton/Tahun)	POP x,y (Orang)	ACCx	Ocx	LHVB MW (GJ/ton)	LHVCH 4 (Gj/ton)	MSW x,y (Ton/Orang/Tahun)	TP_BMW x,y (Gj/Tahun)	Jumlah Sampah Organik (Ton/Tahun)	CH4 generated (Ton)	TP_LFG x,Energy (Gj/Tahun)
Kota pekanbaru	363.600	58.434	25%	11%	10	500	6,22	101.250,00	36.360,00	18.180,00	9.090.000,00

Potensi limbah biomassa limbah kota akan menghasilkan potensial energi dalam bentuk gas. Asumsi yang digunakan dalam perhitungan yaitu CH₄ yang terurai sebesar 50% (Kunaifi, 2011^c) dan nilai kalor terendah metana sebesar 500 Gj/ton dari IPCC (2006).

Sehingga diperoleh potensi biogas yang dihasilkan dari limbah kota di Kota pekanbaru sebesar 9.090.000 GJ/tahun berasal dari 25% sampah yang terangkut ke Tempat Pembuangan Sampah di Kota pekanbaru.

KESIMPULAN

Penelitian bertujuan menyediakan data dan informasi dasar tentang potensi energi biomassa yang diperlukan untuk pembentukan Pusat Data dan Informasi Energi Terbarukan di Energy Research Centre (EnReach) Provinsi Riau khususnya Kota Pekanbaru. Beberapa hal yang dapat disimpulkan dari penelitian:

1. Total potensi teoritis energi biomassa di Kota Pekanbaru adalah 91.158.663, 54 (tidak termasuk biomassa kehutanan) GJ/tahun. Potensi energi tersebut berasal dari residu pertanian 4.309.632,37GJ/tahun (4,73%), kotoran hewan 77.759.031,17 GJ/tahun (85,30%) dan limbah perkotaan 9.090.000,00 GJ/tahun (9,97%).
2. Berdasarkan besarnya potensi energi berbasis residu dan peternakan maka pengembangan proyek energi biomassa terutama berbasis kedua biomassa ini sangat potensial dikembangkan di Kota Pekanbaru. Namun tidak semua potensi energi teoritis dari residu peternakan dan limbah domestik dapat dimanfaatkan sehingga perlu adanya kajian lebih lanjut secara teknis, ekonomi dan keberlanjutan.

PENGHARGAAN

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian Energy Research Centre (EnReach) Provinsi Riau sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Dinas Tanaman Pangan dan Holtikultura Provinsi Riau. 2012. Kondisi Tanaman Pangan dan Holtikultura Pekanbaru Tahun 2011.
- Biomass Energy Europe. 2010a. "Harmonization of biomass resource assessments, Volume I: Best Practices and Methods Handbook". BEE: Freiburg-Germany.
- Biomass Energy Europe. 2010b. "Methods & Data Sources for Biomass Resource Assessments for Energy". BEE: Freiburg-Germany.
- IPCC. 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Hayama, Japan, diterbitkan oleh the Institute for Global Environmental Strategies (IGES) atas nama the The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html> (diakses 25 November 2011).
- Kunaifi, 2011^a, Analisa Potensi dan Peluang Energi Biomassa di Kabupaten Kampar, Laporan Penelitian, Lembaga Penelitian dan Pengembangan UIN Suska Riau, Pekanbaru diambil dari Koopmans dan Koppejan 1997
- Kunaifi, 2011^b, Analisa Potensi dan Peluang Energi Biomassa di Kabupaten Kampar, Laporan Penelitian, Lembaga Penelitian dan Pengembangan UIN Suska Riau, Pekanbaru diambil dari Analisa Data Dinas Kehutanan Kampar 2009
- Kunaifi, 2011^c, Analisa Potensi dan Peluang Energi Biomassa di Kabupaten Kampar, Laporan Penelitian, Lembaga Penelitian dan Pengembangan UIN Suska Riau, Pekanbaru diambil dari Calle et.al. 2007
- Kunaifi, 2011^d, Analisa Potensi dan Peluang Energi Biomassa di Kabupaten Kampar, Laporan Penelitian, Lembaga Penelitian dan Pengembangan UIN Suska Riau, Pekanbaru diambil dari Hambali et.al. 2010
- Kunaifi, 2011^e, Analisa Potensi dan Peluang Energi Biomassa di Kabupaten Kampar, Laporan Penelitian, Lembaga Penelitian dan Pengembangan UIN Suska Riau, Pekanbaru dari http://greenlifestyle.or.id/news/detail/penggunaan_kantong_plastik_akan_dibatasi
- Papilo P, 2014, Potensi Energi Biomassa di Provinsi Riau, Laporan Penelitian, Energy Research Centre, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Suska Riau, Pekanbaru.
- Pekanbaru dalam Angka. 2013. Bappeda Kota Pekanbaru diolah tahun 2009-2013.