

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab 3 telah dijelaskan metode penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan data potensi energi alternatif yang ada di Kota Dumai. Data yang dikumpulkan berupa data primer dan sekunder. Klasifikasi sumber energi alternatif yang ada di kota Dumai terbagi menjadi :

- Potensi energi angin
- Potensi energi biomassa
- Potensi energi matahari

4.1 Potensi Energi Angin

Potensi sumber energi angin pada satu wilayah ditentukan oleh distribusi kecepatan rata-rata angin harian. Suatu kawasan yang memiliki potensi kecepatan angin rata-rata harian diatas 4 m/detik diatas permukaan tanah secara teori diwilayah itu layak untuk dikembangkan pembangkit daya listrik tenaga angin (Wind Turbine Generator). Artinya daerah atau kawasan yang kecepatan angin rata-rata di bawah 4 m/detik di permukaan tanah tidak dianjurkan untuk mencoba bertani angin. Pengukuran kecepatan angin dipilih pada titik-titik atau tempat terbuka dengan pertimbangan menghindari pengaruh gedung dan bangunan. Karena itu titik pengukuran di pilih didaerah ketinggian atau perbukitan. Dengan demikian angin yang berhembus diatas wilayah lembah atau dataran yang lebih rendah akandapat diukur lebih akurat krena terbebas dari hambatan gedung atau bangunan yang tinggi. Karena sifat angin yang berbeda dengan sumber air, dimana sifat aliran arus air relatif stabil dari jam ke jam dan dari hari kehari, sementara angin sangat sulit dipastikan dan tidak tentu arahnya dan kecepatannya selalu berubah, maka pengukuran harus dilakukan dalam hitungan jam dalam periode harian.

Data distribusi angin global untuk wilayah pantai timur Sumatera pada bulan Januari hingga Maret berkisar antara 4-5 m/detik diatas permukaan tanah. Kecepatan angin meningkat pada ketinggian diatas 10 m menjadi 6-7 m/detik. Antara bulan april-juni, kecepatan angin turun. Jadi, data hasil pengukuran pada ketinggian 10 m ekuivalen dengan data distribusi angin global.

Dengan menggunakan data kecepatan angin rata-rata pada tabel 4.1, dan menggunakan konstanta kepadatan udara (ρ) sebesar 1,2 Kg/m³ dan rotor dengan diameter $D=10\text{m}$, maka besarnya energi hasil pengukuran tersebut dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Daya energi angin yang dihasilkan

No.	Kec. Angin (m/detik)	Daya energi angin (kW)
1	4.6	4.58
2	6.9	15.47
3	8.3	26.93

Daya angin yang dihasilkan tersebut belum memperhitungkan efisiensi dari turbin angin yang digunakan. Bila $C_p=0,45$, maka daya yang dihasilkan oleh turbin angin dapat dilihat pada tabel 4.3. Selain itu, dengan menggunakan persamaan (5), kita dapat memperkirakan daya sumber energi altienatif ini selama setahun.

Tabel 4.3 Daya angin dengan $C_p=0,45$ dan energinya selama satu tahun

No.	Kec. Angin (m/detik)	$C_p=0.45$ (kW)	Energi/tahun(kWh)
1	4.6	2.06	1.53
2	6.9	6.96	5.16
3	8.3	12.12	8.98

Dari hasil perhitungan pada tabel 4.3 terlihat bahwa hasil energi yang didapat pada ketinggian 15m dengan menggunakan rotor dengan $D=10\text{m}$ adalah sebesar 12,12 kW.

4.2. Potensi Sumber Energy Biomassa

Potensi sumber energi biomassa dapat dipetakan dan dihitung bila diketahui luasan tanaman perkebunan, pertanian, hutan produktif, dan areal gambut. Untuk Kota Dumai secara rinci sumber energi biomassa dapat diperoleh melalui sumber-sumber berikut :

- Kelapa Sawit
- Kelapa
- Limbah hasil hutan
- Limbah tanaman padi dan jagung
- Gambut

4.2.1. Biomassa Kelapa sawit

Melihat dari luas area perkebunan kelapa sawit yang ada di Kota Dumai, maka ketersediaan sumber energi biomassa dari sawit cukup berarti. Dari setiap ton TBS (tandan buah segar) sawit bila di uraikan akan diperoleh fraksi berat dari setiap komponen seperti yang disajikan dalam tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Fraksi Massa per 1000 kg Tandan Buah Segar (TBS) Sawit

No	Jenis fraksi	Fraksi massa (kg)	Persentase (%)	Keterangan
1	Air	100	10	menguap
2	Tandan kosong sawit	234	23,4	
3	CPO	225	22,5	
4	Sabut	179	17,9	
5	Batok/tempurung	72.8	7,28	
6	Biji (Kernel)	67,2	6,72	
7	Limbah cair	122	12,2	
Jumlah		1000	100	

(Sumber: Zulfansyah, 1998)

Dari Tabel 4.4 di atas, maka sumber bahan baku biomassa yang berasal dari tandan kosong sawit sebesar 0,234 ton, 0,179 ton sabut, dan 0,072 ton tempurung atau cangkang sawit (Zulfansyah, 1998). Jadi untuk

setiap ton TBS sawit pada buangan proses akan diperoleh biomassa sebesar $0,234 + 0,179 + 0,072 \text{ ton} = 0,485 \text{ ton}$. Selain dari limbah buah sawit, pelepah dari pohon sawit juga merupakan sumber biomassa. Dengan asumsi setiap pohon menghasilkan 20kg biomassa/bulan dari pelepah daun, maka artinya ada sejumlah $20\text{kg} \times 120 \text{ pohon/ha} = 2400 \text{ kg/bulan perhektar}$ atau $2,4 \text{ ton/bulan per hektar}$ atau $28,8 \text{ ton/tahun per hektar}$ diperoleh sumber biomassa tambahan. Dengan demikian dapat disusun tabel yang menggambarkan potensi bahan baku sumber energi biomassa sawit Kota Dumai .

Tabel 4.5. Potensi sumber biomassa kebun kelapa sawit di Kota Dumai

Data tahun	Luas tanaman (ha)	Produksi rata-rata ton/thn	Limbah TBS (ton/thn)	Limbah pelepah ton/thn
2008*)	25.693	54.983	26.666,755	739.958,4

*) = data bersumber dari Dinas Perkebunan Propinsi Riau

Dengan asumsi ada pertambahan luas lahan sebesar 10% pertahun, maka diperoleh proyeksi pertambahan luas kebun berbasis data Dinas Perkebunan propinsi Riau dari tahun 2008 ke 2009 sebesar :

$$L_{08} = 25.693,00 \text{ ha}$$

$$L_{09} = L_{08} + 0.1 * L_{08}$$

$$L_{09} = 25.693,00 + 0,1 * 25.693,00$$

$$L_{09} = 28.262,3 \text{ ha,}$$

Dari perhitungan tersebut, maka kita peroleh data proyeksi luas kebun kelapa sawit di Kota Dumai tahun 2009 seperti disajikan dalam tabel 4.6.

Tabel 4.6 Proyeksi Luas kebun Kelapa Sawit di Kota Dumai tahun 2009

Basis tahun	Luas tanaman (ha)	Produksi rata-rata ton/thn	Limbah TBS (ton/thn)	Limbah pelepah ton/ thn	Jumlah biomassa (ton)
2008*)	28.262,3	60.481,3	29.333,4305	813.954,24	843.287,6705

*) = data bersumber dari Dinas Perkebunan Propinsi Riau

Jadi tersedia cadangan sumber bahan baku pertahun dari limbah kelapa sawit di Kota Dumai tahun 2009 sebesar 843.287,6705 ton dengan basis perhitungan data Dinas Perkebunan Propinsi Riau 2008. Sehingga jumlah cadangan sumber energi biomassa limbah sawit pertahun untuk Kota Dumai mencapai : 843.287,6705 ton *) berdasarkan proyeksi luas kebun dan produksi ton pertahun tahun 2009. Potensi ini akan terus meningkat bersamaan dengan meningkatnya luasan kebun dan produksi TBS. Persentase terbesar dari Biomassa tersebut adalah senyawa cellulose seperti halnya kayu dan semua biomassa. Dalam process pembakaran untuk menghasilkan energi biomassa diukur dari nilai LCV (*Low Calorific Value*). Nilai LCV dari limbah biomassa(sabut kelapa-gambut) pada kisaran 14,2-14.5 MJ/kg (lampiran 2). Bandingkan dengan LCV hasil pembakaran batubara yang berada pada kisaran 32,4-33,9 MJ/kg, atau Bahan Bakar Minyak (BBM) yang berada pada kisaran 40,0-43,9 MJ/kg. Jika kita hitung nilai komersial dari limbah biomassa perkebunan sawit yang ada di Kota Dumai dengan basis setara LCV BBM rata-rata = 41.9 MJ/kg maka diperoleh :

$$\bullet (14,33/41,9) \times 843.287,6705 \text{ ton} = 288.408,409 \text{ ton BBM} \quad *)$$

Note:

Perhitungan di atas diperoleh berdasarkan Tabel Konversi (Tabel L2.2) pada Lampiran 2, demikian pula untuk semua system konversi energi biomassa diperoleh dari perhitungan yang mengacu pada tabel tersebut. Sumber:(Sorensen, 1991)

4.2.2. Biomassa Kebun Kelapa

Biomassa limbah kebun kelapa dapat diperoleh dari limbah buah kelapa yaitu dari sabut dan tempurung kelapa. Limbah kebun berasal dari

pelepah kelapa yang telah kering ditambah dengan guguran kelopak mayang dan tandan kelapa. Dengan asumsi limbah buah mencapai 60% berat dari buah maka dapat dihitung jumlah limbah dari buah kelapa yaitu tempurung dan sabut sebesar 0,6 x jumlah ton produksi pertahun. Sedangkan potensi limbah kebun diperoleh jumlah berat rata-rata limbah perbatang pohon di kali jumlah pohon perhektar dikali luas kebun keseluruhan pertahun. Jika untuk limbah kebun sebanyak 30 kg/pohon x 100 pohon perhektar, maka limbah kelapa akan sebanyak 3 ton/ha biomassa per tahun, (Krisotferson and V.Bokalders, 1991). Berdasarkan data sekunder, maka potensi sumber biomassa kebun kelapa untuk Kota Dumai disajikan dalam Tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7 Potensi sumber biomassa kebun kelapa di Kota Dumai

Data tahun	Luas tanaman (ha)	Produksi rata-rata ton/thn	Limbah TBS (ton/thn)	Limbah pelepah ton/thn
2008*)	2.025	862	517,2	6075

*) = data bersumber dari Dinas Perkebunan Propinsi Riau

Anggap pertumbuhan luas kebun kelapa di Kota Dumai 10% pertahun, maka dari hasil proyeksi merujuk proyeksi kebun sawit, diperoleh luas kebun kelapa di Kota Dumai tahun 2009 seperti disajikan oleh tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.8 Proyeksi Luas kebun Kelapa di Kota Dumai tahun 2009

Basis tahun	Luas tanaman (ha)	Produksi rata-rata ton/thn	Limbah BK (ton/thn)	Limbah pelepah ton/ thn	Jumlah biomassa (ton)
2008*)	2.227,5	948,2	568,92	6682,5	7251,42

*) = data bersumber dari Dinas Perkebunan Propinsi Riau

Berdasarkan tabel 4.8, maka potensi energi dari Biomassa kebun kelapa tahun 2009 diukur setara BBM disajikan dalam Tabel 4.9 berikut

**Tabel 4.9 Potensi Biomassa Kelapa setara BBM
di Kota Dumai tahun 2009**

Basis tahun	Jumlah biomassa (ton)	Potensi Energi Biomassa setara ton BBM
2008*)	7251,42	$(14,33/41,9) \times 7251,42 = 2480,02$

4.2.3. Biomassa Gambut

Potensi deposit gambut yang ada di Kota Dumai termasuk deposit gambut sangat dangkal dan dangkal yaitu dengan kedalaman antara 50 cm – 200 cm. Gambut adalah deposit biomassa yang telah mengalami pembusukan ratusan tahun. Deposit gambut dapat dijadikan salah satu dari sumber energi alternative. Teknologi Pyrolysis dan yang terakhir Fast Pyrolysis memungkinkan menjadikan gambut sebagai salah satu sumber energi yang sangat potensial. Kandungan energi per 1kg gambut setara dengan 15.9 MJ (HCV) dan 14.5MJ (LCV). Lahan gambut di Kota Dumai terdapat di sebagian wilayah Kecamatan Siak Hulu, Dumai Kiri, Tambang, Tapung dan Tapung Kiri.

Ada beberapa alasan mengapa pemetaan terhadap gambut tidak dilakukan, yaitu: karena wilayah-deposit gambut berada pada daerah-daerah hutan lindung, hutan konservasi dan sebagian lagi telah overlap dengan areal perkebunan. Disamping itu deposit gambut termasuk sebagai *unrenewable energi* atau sejenis energi yang tidak terbarukan, maka potensi ini tidak menjadi rekomendasi sebagai sebuah pilihan sumber energi alternative. Disamping alasan tersebut, gambut mempunyai peranan penting dalam pengaturan tata air daerah tanah rendah dan daerah payau yang tersebar dibanyak bagian dari Kota Dumai. Pada musim kering yang panjang, daerah-daerah dibawah lapisan gambut tetap menyimpan cadangan air. Secara biologi hal ini membantu menyelamatkan banyak aneka ragam hayati air yang kelangsungan hidupnya bergantung pada persediaan air. Namun demikian informasi tentang deposit gambut di Kota Dumai kita sajikan berdasarkan hasil pemetaan indera jauh dan data Lansat.

Hanya dengan system tersebut cadangan gambut yang ada dapat di monitor cadangannya dari tahun ketahun.

Perubahan deposit gambut terjadi karena terjadi alih fungsi lahan dan eksploitasi local. Informasi deposit gambut di Kota Dumai disajikan dalam tabel 3.2.1.8. Kandungan energi 1kg gambut dengan basis LCV = 14,5 MJ/kg ^{*)}. Kandungan energi rata-rata 1kg BBM dalam baku LCV = 41.9MJ/kg^{*)} , dimana ^{*)} diperoleh dari Tabel Termodinamika. Jadi energi yang dikandung oleh 1 kg gambut setara dengan $(14,5/41,9) \times 1\text{kg} = 0,346\text{kg}$ BBM. Dengan menggunakan rumusan konversi di atas, jumlah potensi energi cadangan gambut di Kota dumai sebesar nilai tertera dalam tabel 4.11 berikut ini.

**Tabel 4.11 Deposit gambut di Kota Dumai
kandungan energi setara ton BBM**

Kota	Luas (ha)	Presentase dari gambut Sumatra	Massa Carbon (ton)	Setara BBM (ton)
Dumai	159.596,00	3,89%	567.790.000,00	196.455.340

(Sumber: Prosiding Lokakarya Pemanfaatan Lahan Gambut Secara Bijaksana, 2005)

**Tabel 4.12 Jumlah limbah biomassa keseluruhan
di Kota Dumai thn 2009**

No	Jenis limbah biomassa	Potensi Setara BBM (ton)	Nilai energi pada baku LCV $\times 10^3$ (MJ) ^{*)}
1	Sawit	288.408,409	12.084.312,34
2	Kelapa	2480,02	103.920,38
Jumlah			12.188.232,72

Dari Tabel 4.12 jumlah kandungan energi keseluruhan biomassa yang berasal dari berbagai limbah tidak termasuk potensi gambut yaitu :

- 12.188.232,72 $\times 10^3$ MJ dengan basis perhitungan data sawit dan kelapa dari Dinas Perkebunan Propinsi Riau

Jika dikonversikan kedalam potensi daya listrik adalah: 1 MW= 1 MJ/detik untuk menghasilkan 1 MW daya perdetik dibutuhkan energi

sebanyak 1 MJ. Jadi energi yang diperlukan untuk menghasilkan daya 1MW dalam satu tahun dibutuhkan energi senilai $3600 \times 24 \times 360 \times 1\text{MJ} = 31104000 \text{ MJ} = 31104 \times 10^3 \text{ MJ}$. Sehingga potensi sumber energi sebesar $12.188.232,72 \times 10^3 \text{ MJ} / (31104 \times 10^3 \text{ MJ}) \times 1 \text{ MW}$ dapat menghasilkan daya listrik sebesar 391,854 **MW** Tahun pertahun tahun bila menggunakan basis data Dinas Perkebunan Propinsi. Besar Daya listrik yang dapat diperoleh bergantung pada efisiensi atau daya guna dari turbin pembangkit. Sementara itu dari **Deposit gambut** yang ada di Kota Dumai dapat menghasilkan Daya listrik sebesar : $4.247.738.200 \times 10^3 \text{ MJ} / (31104 \times 10^3 \text{ MJ}) \times 1 \text{ MW}$, yaitu sebesar 136565.657 MW pertahun, atau dapat digunakan untuk membangkitkan daya listrik **1000 MW** pembangkit dalam waktu **136,5 tahun**. (*Tabel L.2, pada lampiran 2, Sumber : Sorensen 1991, 2002c*)

4.2.1.6 Bio Fuel

Potensi biofuel atau biodiesel dapat dihitung dari produksi bahan baku pertahun. Dari Data luas kebun sawit dan Kelapa serta produksi ton pertahun dapat diperoleh jumlah ton atau liter biodiesel yang mungkin dikembangkan. Namun potensi tersebut dibuat dengan asumsi bahwa sumber bahan baku tidak digunakan untuk keperluan lain. Konversi dari ton produksi menjadi CPO sebagai bahan baku Biodiesel/Biofuel dilakukan sebagai berikut:

- Untuk setiap 1 ton TBS dapat menghasilkan 0.225 ton CPO, (*Zulfansyah, 1998*)
- Untuk setiap 1 ton CPO dengan efisiensi proses 95% dapat menghasilkan Biodiesel sebanyak 0.95 ton, (*Malaysian Palm Oil Board, Vol. 2, 2000*).

Dari prosedur perhitungan konversi tersebut di atas maka potensi biodiesel yang dapat dihasilkan oleh produksi kebun sawit dan Kelapa di Kota Dumai adalah sebagai berikut :

Tabel 4.13 Potensi produksi Biodiesel/Biofuel dari Kelapa Sawit tahun 2009 dengan efisiensi proses 95%

Basis tahun	Luas tanaman (ha)	Produksi rata-rata ton/thn	Produksi CPO (ton/thn)	Produksi Biodiesel (ton/tahun)
2008*)	28.262,3	60.481,3	13.608,293	12,927

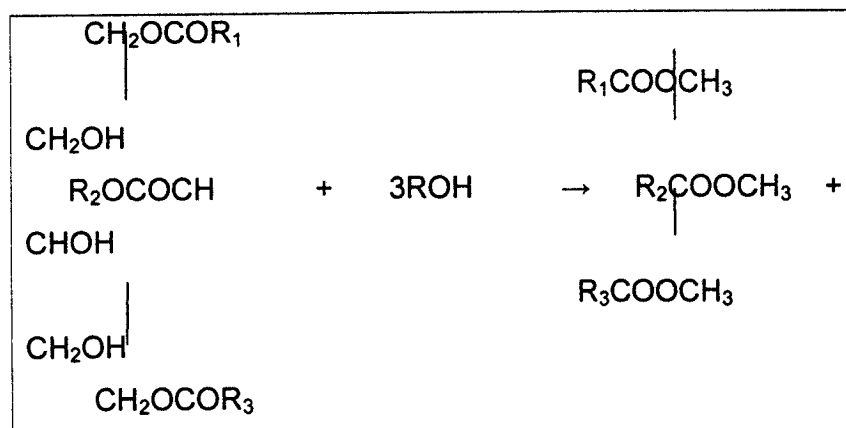
*) = basis data bersumber dari Dinas Perkebunan Propinsi Riau

Tabel 4.14 Produksi Biofuel/Biodiesel dari Kelapa dengan efisiensi proses 95% ratio output terhadap input

Basis tahun	Luas lahan (ha)	Produksi rata-rata ton/thn	CPO (ton/thn)	Biofuel (ton/thn)
2008*)	2.227,5	948,2	213,345	202,678

*) = basis data bersumber dari Dinas Perkebunan Propinsi Riau

Dalam proses pembuatan Biofuel atau bio diesel, Proses utamanya dimana senyawa Triglicerida di tambah dengan alcohol untuk menghasilkan proses esterifikasi sehingga dihasilkan senyawa baru sebagai hasilnya yaitu ester dan gliserol. Berikut digambarkan secara singkat bentuk proses.



Tabel 4.15 berikut menggambarkan proses produksi biodiesel yang ada.

Tabel 4.15 Teknologi proses pembuatan biodiesel dari bahan baku

Perusahaan	Reaction Conditions			
	P(atm)	T(°C)	Catalyst	Mode operation
Transesterifikasi				
Comprimo/Vogel & Not	1	Ambient	KOH	Batch
University of Idaho	1	Ambient	KOH	Batch
Novamont/Technimont	1	>Ambient	Organic	Batch
Conneman/Field & Halm	1	60-70	NaOH	Kontinyu
Lurgi	1	60-70	Alkaline	Kontinyu
IFP/Sofiproteal	1	50-130	Alkaline/Acidic	Batch
Gratech	3,5	95	?	Kontinyu
Desmet	50	200	Non-Alkaline	Kontinyu
...lain-lain				
Hydrogenasi	4-100		Cobalt/Molibdenu m	Kontinyu

Sumber: Malaysian Palm Oil Board, Vol.2, 2000)

4.3. Analisis Potensi Energi Surya

Peta distribusi radiasi energi solar menunjukkan bahwa rata-rata potensi sumber energi surya di wilayah tropis berkisar antara 350-550 W/m² (Sumber: Bent Sorensen, *Renewable Energy, third edition, 2004*). Jadi sebenarnya pemetaan potensi sumber energi matahari di Kabupaten Indra Giri Hulu tidak akan keluar dari range tersebut. Besar kecilnya tingkat radiasi pada tingkat lokal hanya dipengaruhi oleh tingkat kecerahan harian. Kondisi cerah atau berawan yang mempengaruhinya, tetapi pengaruh ini sangat kecil. Pengujian dapat dilihat pada Gambar 3.12 sampai Gambar 3.14 pada tanggal 06 sampai 08 Juli 2009.

Data hasil pengamatan daerah di sekitar Kabupaten Indra Giri Hulu seperti Kabupaten Siak, Kabupaten Kampar dan Kota Pekanbaru memperlihatkan potensi sumber energi surya yang ada di wilayah Kabupaten

Indra Giri Hulu tidak di ragukan lagi, persoalannya apakah potensi ini secara ekonomi layak untuk dikembangkan masih perlu analisa lebih lanjut.

Potensi energi matahari sangat melimpah di wilayah tropis. Dalam konteks ketersediaan sumber daya maka ketersediaan energi matahari di daerah tropis sangat melimpah. Beberapa keuntungan dari pemanfaatan sumber energi surya. Berapa besar potensi tenaga surya di Kabupaten Indra Giri Hulu sebenarnya bukan persoalan yang perlu dikhawatirkan. Dengan curah radiasi yang cukup besar, maka sebenarnya jaminan dan kelangsungan sumber tenaga surya tidak akan pernah habis. Meskipun potensi energi surya sangat melimpah, dan termasuk sebagai sumber energi biru. Ada beberapa faktor yang menyebabkan pemanfaatan potensi yang ada belum dikembangkan. Faktor tersebut antara lain :

1. teknologi sel surya yang masih mahal
2. ketiadaan tenaga trampil masyarakat khususnya wilayah pedesaan dan daerah-daerah terpencil untuk mengelola dan melakukan perawatan terhadap instalasi yang ada.
3. Pemanfaatan instalasi pemanas tenaga surya relatif mahal dan masyarakat lebih memilih memanfaatkannya dengan cara tradisional seperti untuk proses pengeringan.

Mencermati perkembangan teknologi sel surya yang semakin maju maka diperlukan kesiapan tenaga trampil untuk mengantisipasi kemajuan dan perkembangan teknologi sel surya yang murah dan kompetitif.

Teknologi energi surya yang mungkin digunakan di Kabupaten Indra Giri Hulu dapat bervariasi sesuai dengan kebutuhan di setiap sektor.

1. Teknologi energi surya dengan pemanasan langsung digunakan pada industri rumah tangga, misalnya pengolahan pisang sale, pengeringan ikan, pengeringan gabah (padi), memasak air, dan lain-lain;
2. Teknologi energi konversi fotovoltaik digunakan dengan cara merubah cahaya matahari menjadi energi listrik yang dapat dimanfaatkan untuk penerangan, pasokan tenaga listrik untuk peralatan rumah tangga, dan beroperasi secara interkoneksi dengan jaringan PT. PLN (persero) yang sudah ada.