

DESAIN PEMBANGKIT LISTRIK HYBRID (PLTS/DIESEL) UNTUK MENINGKATKAN PELAYANAN KESEHATAN DI PUSKESMAS KECAMATAN GEMA KABUPATEN KAMPAR

Kunaifi

*Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. HR. Soebrantas Km. 15 Panam No. 115, Pekanbaru
kunaifi@enreach.or.id*

ABSTRAK

Artikel ini mengusulkan solusi untuk membangkitkan listrik bagi puskesmas-puskesmas tak berlistrik di Kecamatan Gema, Kabupaten Kampar, dalam bentuk desain sistem pembangkit listrik *hybrid*, yang menggabungkan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dan generator diesel sebagai *back-up*. Penelitian mencakup tiga tahap utama, yaitu studi beban listrik di salah satu puskesmas di Kecamatan Gema, dalam hal ini dipilih Puskesmas Desa Gema, studi potensi energi surya di Desa Gema, dan desain sistem menggunakan *Australian Standard AS 4509.2—2002 tentang Stand Alone Power Systems Bagian 2: System Design and Guidelines*. Dengan potensi energi matahari yang bagus (rata-rata tahunan sebesar 4,81 kWh/m²/hari, dan variasi tahunan kecil), beban puncak 90 Watt dan konsumsi energi harian 992 Wh, kebutuhan listrik puskesmas dapat disuplai dengan pembangkit sistem hibrida PLTS/genset yang terdiri dari modul surya 220 Wp, BCR 10 A, baterai 2 x 360 Ah, inverter 100 VA, dan genset 12 VA. Setelah perancangan, ditemukan bahwa puskesmas desa Gema tidak cocok menggunakan sistem hybrid, melainkan lebih cocok menggunakan sistem PLTS saja.

Kata Kunci – hibrida, listrik, pembangkit, PLTS, puskesmas.

ABSTRACT

This paper proposes a solution to supply electricity at unelectrified Rural Health Clinics in the District of Gema, Kampar Regency. A hybrid power generation system was evaluated, combining a solar PV system and a back-up diesel generator. The study was conducted in the Village of Gema's Health Clinic. It comprised three stages; electrical load studies, solar energy assessment, and system design adopting the Australian Standard AS 4509.2-2002 on Stand Alone Power Systems Part 2: System Design and Guidelines. With an annual average solar radiation of 4.81 kWh/m²/day, a small annual variations, 90 Watt peak load, and daily energy consumption of 992 Wh, the power demand of the Clinic could be met by a PV/diesel hybrid power system consisting of 220 Wp solar module, 10 A BCR, 2 x 360 Ah batteries, 100 VA inverter, and a 12 VA generator. Since the design resulted a very small genset size, the Clinic is not suitable for a hybrid system. Rather, it would be more efficient to use a solar PV system only.

Key words – electric, generation, hybrid, rural health clinic, solar PV.

PENDAHULUAN

Di Propinsi Riau terdapat banyak desa yang belum terjangkau jaringan listrik PLN. Menurut Untung Haryanto, Pejabat Pembuat Komitmen (P2K) Listrik Pedesaan Riau, hingga akhir 2009 terdapat 843 desa di Riau yang belum terjangkau jaringan listrik PLN dan 674 desa hanya mendapat suplai listrik parsial, sehingga total 1.517 desa di Riau belum memiliki suplai listrik yang konstan (Parlindungan 2009). Di antara desa-desa tersebut, sebagian memiliki pusat kesehatan masyarakat (Puskesmas). Minimnya suplai listrik membuat pelayanan

kesehatan kepada penduduk desa-desa terpencil di Propinsi Riau tidak maksimal.

Situasi yang sama juga berlaku di Kecamatan Gema, Kabupaten Kampar. Di Kecamatan Gema terdapat sebelas desa yang belum terjangkau oleh jaringan listrik PLN. Enam di antara desa tersebut memiliki puskesmas, dan lima di antaranya memiliki bidan desa.

Di puskesmas, listrik memiliki peran penting. Lemari pendingin, peralatan diagnosa dan lampu (penerangan), adalah fasilitas standar di banyak puskesmas yang membutuhkan suplai listrik. Di antara obat-obatan dan suplai yang harus disimpan di dalam lemari pendingin

antara lain vaksin, obat antiretroviral (ARV), susu pasteurisasi, darah, obat untuk penderita HIV, dan obat-obatan lain yang harus disimpan pada temperatur rendah (Powering Health, 2010). Vaksin, misalnya, harus disimpan pada temperatur antara 2° dan 8°C sepanjang hari (Powering Health, 2010). Sistem yang digunakan untuk menyimpan obat-obat dan suplai di atas disebut *cold chain*.

Sebagaimana puskesmas di desa-desa terpencil, sebagian puskesmas di Kecamatan Gema dilengkapi dengan apotek. Namun apotek puskesmas Kecamatan Gema belum mengikuti standar sesuai Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1027/Menkes/Sk/Ix/2004 tentang Standar Pelayanan Kefarmasian di Apotek. Pada Bab II Keputusan Menteri Kesehatan tersebut tertulis “apotek harus memiliki suplai listrik yang konstan, terutama untuk lemari pendingin” (Menkes RI, 2007).

Alternatif paling populer untuk membangkitkan listrik pada puskesmas-puskesmas di Riau adalah menggunakan generator diesel atau generator bensin (premium). Namun pilihan ini memiliki beberapa kelemahan, antara lain: polusi suara, biaya operasional dan perawatan (*operational and maintenance* – O&M) tinggi, dan melepaskan emisi gas rumah kaca ke udara (Bassam dan Maegard, 2004). Selain itu, generator konvensional dirancang untuk digunakan dalam waktu terbatas, hanya beberapa jam sehari.

Di sisi lain, Riau yang merupakan daerah tropis dan dilintasi garis khatulistiwa, sehingga memiliki potensi energi surya yang besar (NASA, 2010). Di antara karakteristik energi surya yang paling menguntungkan yang dimiliki Riau adalah intensitas cahaya matahari yang cukup tinggi dan tersedia hampir sepanjang tahun. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah teknologi yang sudah mapan dengan biaya investasi makin kompetitif (Luther, 2003). PLTS memerlukan biaya O&M sangat kecil dan memiliki umur operasi panjang (sekitar 20 tahun) (Luther, 2003). Hal ini bertolak belakang dengan generator diesel yang membutuhkan biaya O&M tinggi, dan usia operasi relatif pendek. Oleh sebab itu, teknologi PLTS memiliki potensi besar untuk dikembangkan guna membantu mengatasi

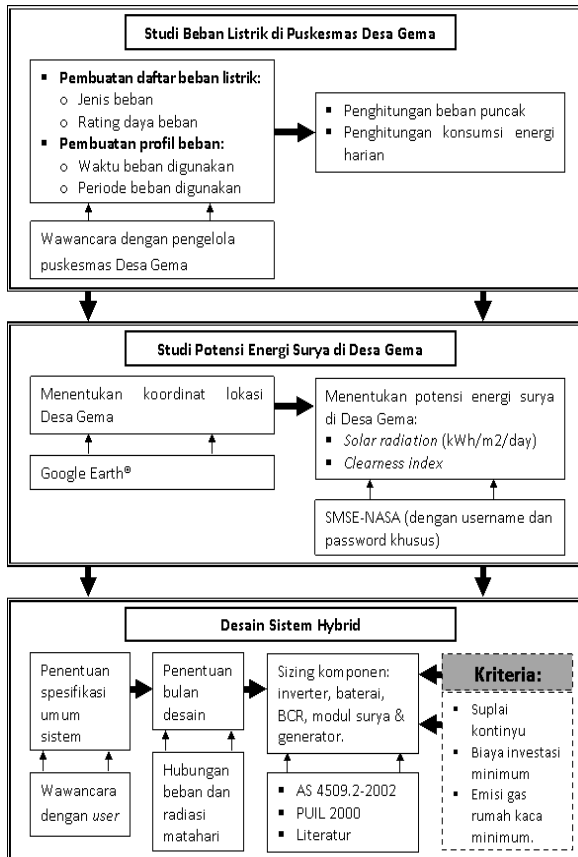
persoalan suplai energi untuk puskesmas-puskesmas di desa-desa terpencil di Propinsi Riau.

Artikel ini menjelaskan solusi untuk membangkitkan listrik bagi puskesmas-puskesmas di Kecamatan Gema dalam bentuk desain sistem pembangkit listrik *hybrid*, yang menggabungkan dua teknologi, yaitu pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dan generator diesel sebagai *back-up*. Kebaharuan dari penelitian ini yaitu memanfaatkan sumber energi terbarukan (energi matahari) untuk meningkatkan akses pada pelayanan kesehatan di desa terpencil di Propinsi Riau.

Sebagai referensi, dipilih salah satu puskesmas di Kecamatan Gema, yaitu Puskesmas Desa Gema, sebagai basis penelitian. Hasil penelitian ini diharapkan dapat diaplikasikan di seluruh puskesmas di desa-desa belum berlistrik di Propinsi Riau dengan modifikasi seminimal mungkin mempertimbangkan kondisi khusus masing-masing puskesmas.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini mencakup tiga tahap utama, yaitu studi beban listrik di salah satu puskesmas di Kecamatan Gema, dalam hal ini dipilih Puskesmas Desa Gema, studi potensi energi surya di Desa Gema, dan desain sistem. Metode perancangan mengikuti *Australian Standard AS 4509.2—2002 tentang Stand Alone Power Systems Bagian 2: System Design and Guidelines*. Gambar 1 menunjukkan diagram alur metode yang akan digunakan pada penelitian ini.



Gambar 1. Diagram alur metodologi penelitian

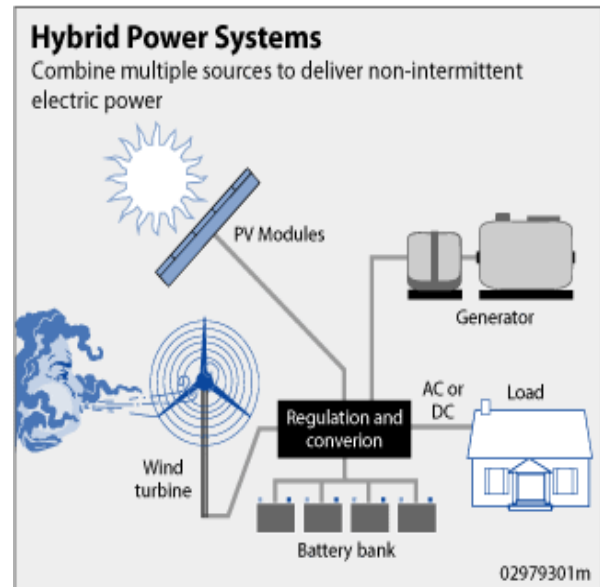
Tinjauan Pustaka

Definisi umum sistem *hybrid* yang digunakan pada penelitian ini adalah sistem pembangkit listrik yang menggabungkan lebih dari satu teknologi (Bassam dan Maegard, 2004). Dalam hal ini teknologi PLTS dan generator diesel digabungkan dalam satu sistem. Untuk aplikasi di kawasan yang belum dijangkau jaringan listrik PLN, seperti desa Gema, sistem ini dapat dikategorikan sebagai Remote Area Power Supply (RAPS) yang berfungsi memenuhi kebutuhan listrik seperti rumah penduduk (termasuk puskesmas), gabungan beberapa rumah, atau bahkan sebuah pulau terpencil.

Walaupun tidak dapat menghasilkan listrik dalam kapasitas besar seperti yang diberikan jaringan PLN, terdapat beberapa alasan mengapa RAPS dipilih sebagai pembangkit listrik di lokasi yang tidak terjangkau jaringan PLN. Pertama, biaya investasi RAPS jauh lebih kecil dibanding membangun jaringan PLN ke kawasan terpencil. Maka pilihan yang paling ekonomis adalah membangkitkan listrik menggunakan sumber-sumber energi

terbarukan yang tersedia secara lokal. Kedua, listrik PLN sebagian besar dibangkitkan menggunakan sumber energi fosil (minyak bumi, batubara, dan gas alam) yang berakibat buruk pada lingkungan hidup, maka RAPS menjadi pilihan yang ramah lingkungan. Hal ini sejalan dengan Protocol Kyoto yang sudah diratifikasi pemerintah Indonesia dan sejalan dengan kebijakan lingkungan nasional dan global dalam rangka mengurangi pemanasan global (Pemerintah Republik Indonesia, 2004). Ketiga, teknologi PLTS telah tersedia secara modular sehingga dapat dimanfaatkan secara mudah. Dengan kata lain, RAPS menawarkan solusi yang lebih cepat, murah dan ramah lingkungan.

Gambar 2 menunjukkan diagram sebuah sistem RAPS *hybrid*. Komponen sistem mencakup elemen konversi energi (seperti modul surya, turbin angin, turbin air, generator, dan lain-lain), regulator atau *battery charging controller*, inverter (jika beban mengandung komponen *alternating current-AC*), dan beban listrik (AC, DC, atau gabungan keduanya).



Gambar 2. Diagram sistem RAPS-*hybrid*
(Sumber: http://www1.eere.energy.gov/buildings/residential/images/wind-powered_electric_systems_3.gif)

Sistem RAPS dapat dibangun dengan berbagai teknik, yaitu *series hybrid energy systems*, *switched hybrid energy systems*, dan *parallel hybrid energy systems* (Nayar et al, 1993). Konfigurasi *switched hybrid energy system* cukup digemari para desainer dan

pengguna karena memberikan kehandalan yang lebih baik dan tidak memerlukan inverter inteaktif (Nayar et al, 1993).

Perancangan Hybrid Power System

1. Studi Beban

Kebutuhan energi setiap hari, disimbolkan dengan E, yang akan dilayani oleh sistem hybrid dinyatakan dalam Wh atau kWh. Energi yang dikonsumsi oleh setiap peralatan listrik dapat ditentukan dengan rumus berikut.

$$E = P \times t$$

di mana:

E: Konsumsi energi peralatan listrik per hari (Wh)

P: Daya peralatan listrik (W)

t: Lamanya beban digunakan per hari (jam)

2. Penentuan Intensitas Radiasi Matahari

Pada penelitian ini data intensitas radiasi matahari diperoleh dari database *Surface meteorology and Solar Energy (SMSE)* milik *National Aeronautics and Space Administration (NASA)*, Amerika Serikat, menggunakan username dan password khusus. Untuk mendapatkan data dari SMSE NASA terlebih dahulu diberikan lokasi Kecamatan Gema. Dari Google Earth^(R) didapatkan koordinat Kecamatan Gema adalah: 0, 00 LU dan 101,10 BT.

Database SMSE menyediakan banyak parameter, dan dua diantaranya digunakan pada penelitian ini yaitu intensitas radiasi matahari rata-rata perbulan pada permukaan horizontal (dalam kWh/m²/hari), dan indeks kecerahan langit (clearness index).

3. Energy beban, dengan simbol E_{tot}

Adalah besarnya energi rata-rata per hari yang harus dilayani oleh sistem. E_{tot} dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$E_{tot} = \frac{\text{Konsumsi energi per hari, E}}{\text{Efisiensi inverter, } \eta_{inv}}$$

4. Perkiraan arus DC pada beban maksimum

Adalah arus maksimum pada line DC pada saat beban puncak yang ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\text{Arus DC pada beban maksimum} = \frac{\text{Daya maksimum pada line DC}}{\text{tegangan operasi DC}}$$

5. Demand max inverter ½ h

Adalah daya semu maksimum selama 30 menit (jika beban memiliki komponen induktif), atau daya beban (jika beban tidak

memiliki komponen induktif), yang memasuki inverter.

$$\text{Rating max inverter } \frac{1}{2} h \text{ diusulkan} = (1 + \text{Safety factor}) \times \text{rating max inverter } \frac{1}{2} h$$

6. Surge demand inverter, dengan simbol S_{inv,sur}, Adalah beban puncak sesaat (biasanya selama 10 detik) atau kurang (diukur dalam VA).

Rating surge diusulkan

$$= (1 + \text{Safety factor}) \times \text{demand surge inverter}$$

7. Beban Ah baterai

Adalah besarnya beban (dalam ampere-hour) yang harus dilayani oleh baterai, dihitung dengan:

$$\text{Beban Ah baterai} = \frac{\text{Energi beban}}{\text{tegangan operasi}}$$

8. Waktu otonomi baterai, disimbolkan dengan T_{aut}

Adalah jumlah hari saat sistem melayani beban tanpa masukan energi dari modul surya dan tanpa melewati DoD maksimum baterai.

9. Depth of discharge baterai max, disimbolkan DoD_{max}

Adalah besarnya muatan yang ditarik (discharge) dari baterai yang terisi penuh pada kecepatan discharge yang dipilih.

10. Kapasitas baterai dibutuhkan

Adalah ukuran baterai yang digunakan dalam sistem ini, dihitung menggunakan persamaan dibawah ini.

Kapasitas baterai dibutuhkan

$$= \frac{\text{Beban Ah} \times \text{Taut}}{\text{DoDmax} \times \text{Faktor koreksi temperatur}}$$

11. Jumlah strings baterai yang parallel,

Adalah jumlah pencabangan dari rangkaian baterai yang parallel satu sama lain.

Jumlah string baterai yang parallel

$$= \frac{\text{Kapasitas baterai dibutuhkan}}{\text{kapasitas satu baterai}}$$

12. Jumlah cells/block baterai yang seri,

Adalah jumlah baterai yang terhubung seri pada setiap pencabangan, dihitung menggunakan persamaan dibawah ini.

Jumlah cells/block yang seri

$$= \frac{\text{tegangan operasi}}{\text{tegangan baterai}}$$

13. Ukuran dan Spesifikasi Modul Surya

Langkah-langkah perancangan diuraikan di bawah ini:

Output array dibutuhkan
= beban Ah / efisiensi baterai

Output muatan (Ah) per hari per modul
= $1 - \text{Toleransi pabrik terhadap daya output} \times \text{Arus modul pada 14 V pada suhu operasi} \times \text{Derating factor karena debu} \times \text{radiasi matahari}$

Jumlah string dibutuhkan
= $\text{output array dibutuhkan} \times \text{koefisien kelebihan beban} / \text{Output muatan (Ah) per hari per modul}$

Jumlah modul seri per string
= $\text{Tegangan operasi DC} / \text{tegangan modul}$

Jumlah modul total dalam array
= $\text{Jumlah string yang digunakan} \times \text{Jumlah modul seri per string}$

14. Ukuran dan Spesifikasi BCR

Langkah-langkah perancangan diuraikan di bawah ini:

Rating kapasitas 100 h bank baterai
= $\text{Rating kapasitas 100 h per baterai} \times 100 \times \text{jumlah string yang parallel}$

Rating kapasitas pengisian 100 h bank baterai
= $\text{Rating kapasitas 100 h bank baterai} / 100$

Daya nyata maksimum BCR
= $(\text{Arus pengisian maksimum} \times \text{Tegangan pengisian max pada arus output normal}) / (\text{efisiensi} \times \text{faktor daya} \times 1000)$

15. Ukuran dan Spesifikasi Genset

Langkah-langkah perancangan diuraikan di bawah ini:

Faktor kelebihan beban genset, AS 4509.2-2005 merekomendasikan 10%.

Persentase derating factor karena suhu
= *tergantung jenis genset yang digunakan, biasanya 0,5% per °C kenaikan di atas suhu referensi.*

Derating factor karena suhu
= $1 - (\text{Suhu lingkungan maksimum saat genset beroperasi} - \text{Suhu referensi}) \times \text{Persentase derating factor karena suhu}$

Kelembaban maksimum
= *tergantung jenis genset yang digunakan.*

Persentase derating factor karena kelembaban
= *tergantung jenis genset yang digunakan, biasanya 1% per 10% kenaikan di atas kelembaban referensi.*

Kelembaban referensi
= *tergantung jenis genset yang digunakan, di sini digunakan 60%.*

Derating factor karena kelembaban
= *jika kelembaban maksimum < Kelembaban referensi, maka nilai derating factor karena kelembaban adalah 1.*

Persentase derating factor karena ketinggian
= *1% per 10 meter di atas ketinggian referensi.*

Ketinggian referensi
= *tergantung jenis genset yang digunakan, di sini digunakan 300 m.*

Ukuran genset dibutuhkan (berdasar perhitungan beban maksimum)
= $\{(\text{Daya nyata maksimum BCR} + \text{Daya nyata untuk mengoperasikan beban saat mengisi baterai}) \times \text{Faktor kelebihan beban genset}\} / (\text{Total derating factor})$

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Beban Listrik

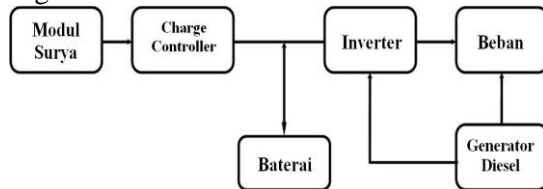
Perkiraan total konsumsi energi per hari di Puskesmas Desa Gema adalah 992 Wh yang digunakan pada peralatan listrik AC. Beban puncak adalah 90 watt. Karakteristik beban seperti ini merupakan generalisasi dengan asumsi bahwa semua puskesmas di desa tak berlistrik di Kecamatan Gema akan memiliki karakter beban sama.

2. Intensitas Radiasi Matahari

Database SMSE-NASA menunjukkan potensi energi matahari yang bagus di Desa Gema. Rata-rata radiasi tahunan adalah 4,81 kWh/m²/hari. Dan clearness index rata-rata per tahun adalah 0,48.

3. Rancangan Sistem

Seperti ditunjukkan pada Gambar 2, sistem *hybrid* ini terdiri dari modul surya, BCR, baterai, inverter dan generator. Tabel 1 merangkum spesifikasi komponen yang digunakan.



Gambar 3. Konfigurasi sistem yang diusulkan

Tabel 1 Spesifikasi Komponen Sistem Hybrid

Komponen	Spesifikasi Teknis
Modul Surya	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Daya modul maksimum, Pstc: 220Wp ▪ Tegangan modul maksimum: 24Volt ▪ Arus hubung singkat modul, Isc: 6,80A ▪ Arus modul pada 14V pada suhu operasi, IT,V: 45,80A ▪ Toleransi pabrik terhadap daya output: 10% ▪ Derating factor karena debu, fdirt: 95%. ▪ Jumlah modul: 1 modul
BCR	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Arus pengisian maksimum: 10A ▪ Tegangan output: 13,8-14,8 Vdc (mengisi); 13,1-1422 Vdc (stand by) ▪ Efisiensi: 85% ▪ Faktor daya: 0,8
Baterai	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Waktu otonomi: 2,5 hari ▪ DoD: 73% ▪ Tegangan: 6 V ▪ Kapasitas: 360 Ah ▪ Efisiensi: 90% ▪ Kecepatan pengosongan: C₁₀₀ ▪ Jumlah string: 1 string ▪ Jumlah baterai per string: 2 baterai ▪ Jumlah total baterai: 2 baterai
Inverter	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gelombang output: sinusoidal ▪ Tipe: standar ▪ Rating max inverter ½ h: 100 VA ▪ Rating kontinyu: 100 VA ▪ Rating surge: 100 VA
Generator	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rating: 12 VA (AC)

Dari Tabel 1 dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu:

1. Daya modul yang dipakai terlalu besar sehingga modul menghasilkan energi listrik lebih besar dari yang dibutuhkan.
2. Kapasitas baterai yang dipakai terlalu besar sehingga baterai menyimpan energi lebih besar dari yang dibutuhkan. Hal ini meningkatkan waktu otonomi dari 2 hari menjadi 2,5 hari.
3. Nilai rating inverter yang diusulkan, baik untuk maksimum rating ½ h, rating kontinyu, dan rating surge, ketiganya memiliki nilai yang sama. Hal ini disebabkan beban tidak mengandung komponen inductor.
4. Kapasitas generator yang diusulkan terlalu kecil, yaitu 12 VA. Generator dengan kapasitas sekecil ini sulit ditemukan di pasar.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

1. Kecamatan Gema memiliki potensi energi matahari yang bagus ditandai dengan radiasi rata-rata tahunan sebesar 4,81 kWh/m²/hari, dan variasi tahunan kecil.
2. Beban puncak yang digunakan adalah 90 Watt dan konsumsi energi harian adalah 992 Wh.
3. Sistem yang diusulkan merupakan sistem hibrida PLTS/genset. Komponen sistem terdiri dari modul surya 220 Wp, BCR 10 A, baterai 2 x 360 Ah, inverter 100 VA, dan genset 12 VA
4. Sistem mampu melayani beban puskesmas desa Gema hampir sepanjang tahun, jika hilangnya sinar matahari tidak lebih dari 2,5 hari.
5. Temuan dari penelitian ini adalah bahwa puskesmas desa Gema tidak cocok menggunakan sistem hybrid, melainkan lebih cocok menggunakan sistem PLTS saja. Hal ini disebabkan ukuran genset terlalu kecil sehingga sulit dicari di pasaran dan meningkatkan kerumitan sistem.

2. Saran

1. Penelitian selanjutnya sebaiknya memasukkan hitungan ekonomi; membandingkan biaya antara beberapa

sistem yang mungkin, yaitu: (a) diesel saja, (b) PLTS saja, dan PLN. Hasilnya berupa rekomendasi sistem mana yang paling baik ditinjau dari kinerja teknis dan ekonomi sistem.

2. Telah terjadi pemborosan (over capacity) modul surya dan baterai karena ukuran keduanya terlalu besar. Di satu sisi hal ini merupakan keuntungan karena memungkinkan penambahan beban. Namun di sisi lain biaya investasi sistem menjadi lebih tinggi. Untuk meminimalkan biaya (tapi tidak mengurangi kehandalan sistem), sebaiknya gunakan baterai dan modul surya dengan kapasitas lebih kecil.
3. Penelitian selanjutnya sebaiknya memasukkan aspek instalasi dan proteksi sistem.
4. Karena pengguna cenderung menambah beban sendiri, sebaiknya ditambahkan strategi efisiensi energi supaya sistem tidak overloaded. Selain itu pada studi beban perlu dimasukkan estimasi pertumbuhan beban yang rasional.

DAFTAR PUSTAKA

Bassam, N. E. dan P. Maegaard, 2004, *Integrated Renewable Energy for Rural Communities: Planning Guidelines, Technologies and applications*, Amsterdam: Elsevier.

Luther, Joachim, 2003, *Motivation for Photovoltaic Application and Development*, dalam Handbook of Photovoltaic Science and Engineering editor Luque, A. dan Hegedus, S, West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.

Menkes RI, 2007, *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 284/MENKES/PER/III/2007 tentang Apotek Rakyat*, www.depkes.go.id (diakses 17 Oktober 2010).

NASA (National Aeronautics and Space Administration), 2010, *Surface meteorology and Solar Energy*, <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse> (diakses 17 Oktober 2008).

Nayar, C. V., S. J. Phillips, W. L. James, T. L. Pryor dan D. Remmer, 1993, Novel

Wind/Diesel/Battery Hybrid Energy System, *Solar Energy* vol. 51, no, 1, pp. 65-78. <http://www.sciencedirect.com/dbgw.lis.curtin.edu.au>. (diakses 20 April 2009).

Parlindungan, 2009, *Habiskan Rp 39,5 M, 18 Desa di Riau Teraliri Listrik Tahun Ini*, Riau Bisnis, 11 November 2009. http://www.riaubisnis.com/index.php?option=com_content&view=article&id=5506:habiskan-rp-395-m-18-desa-di-riau-teraliri-listrik-tahunini&catid=32:infrastruktur&Itemid=130 (diakses 10 Januari 2010).

Pemerintah Republik Indonesia, 2004, *Undang-undang nomor 17 tahun 2004 tentang Ratifikasi Protokol Kyoto*, <http://www.bpkp.go.id/unit/hukum/uu/2004/17-04.pdf> (diakses 2 Februari 2010).

Powering Health, 2010, *Cold Chain and Refrigeration*, <http://www.poweringhealth.org/topics/refrigeration/index.shtml> (diakses 10 Januari 2010).