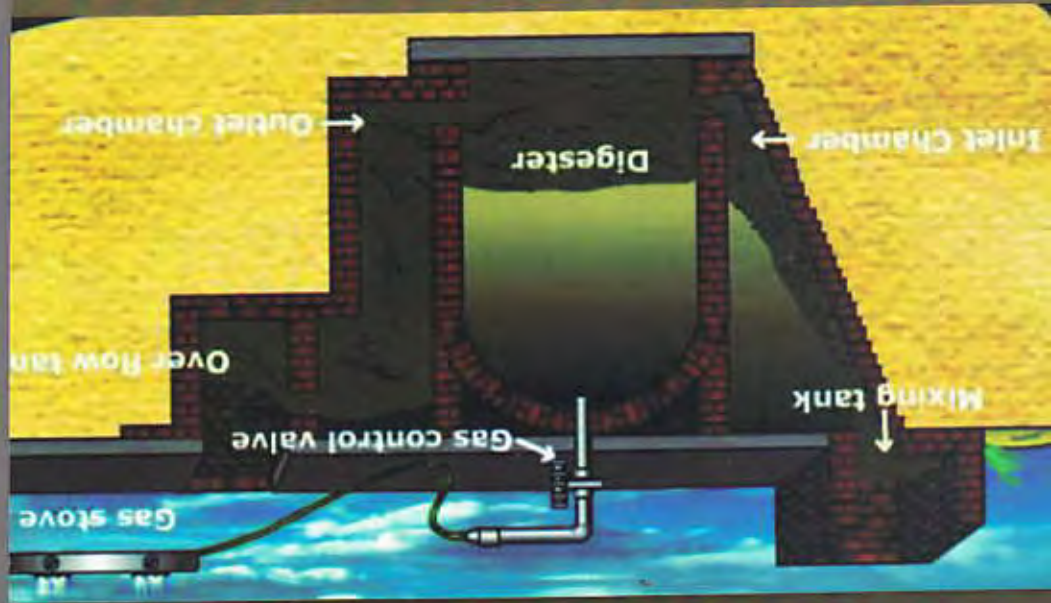


Lembaga Penelitian dan Pengembangan
Universitas Islam Negeri
SULTAN SYARIF KASIM
RIAU

Kata Pengantar
Prof. Dr. H. Nazir Karim



TEKNOLOGI Energi & INOVASI

Husni Thamrin (ed.)

Husni Thamrin

ENERGI DAN TEKNOLOGI INOVASI

Penerbit

Lembaga Penelitian dan Pengembangan

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU

Kutipan Pasal 44, ayat 1 dan 2, Undang-Undang Republik tentang

HAK CIPTA:

Tentang Sanksi Pelanggaran Undang-Undang Nomor 19 Tahun 2002 tentang HAK CIPTA sebagaimana telah diubah dengan Undang-Undang No 7 Tahun 1987 jo.

Undang-Undang No 12 Tahun 1997, bahwa:

1. Barangsiapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau menyebarkan sesuatu ciptaan sebagaimana yang dimaksud dalam pasal 2 ayat (1) atau pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp. 1.000.000,- (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 5.000.000.000 (lima miliar rupiah).
2. Barangsiapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1), dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 500.000.000,- (lima ratus juta rupiah).

Husni Thamrin

ENERGI DAN TEKNOLOGI INOVASI

© 2011, Litbang UIN Suska Riau

Lembaga Penelitian & Pengembangan UIN Suska Riau
Bekerjasama dengan Suska Press 2011.

Hak penerbit pada Lembaga Penelitian & Pengembangan UIN Suska Riau
Dilarang mengutip sebagian atau seluruh isi buku ini dengan cara apapun,
termasuk dengan cara penggunaan mesin fotocopi, tanpa izin sah dari
penerbit.

Editor: Husni Thamrin

Desain Cover: Husni Thamrin

Lay-out: Agvenda

Perpustakaan Nasional: Katalog Dalam Terbitan(KDT)

PEKANBARU: LEMBAGA PENELITIAN, 2011

Edisi Pertama, Cetakan Ke-1.
x + 282 halaman; 14,5 x 21 cm.

ISBN: 979-26-8599-5

Penerbit:

Lembaga Penelitian & Pengembangan
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
Jl. H.R. Subrantas Km 17 Panam Pekanbaru Riau, Indonesia

Telp.: +62761562058, 562223.

Fax.: +62761562052, 0761-21129

e-mail: husni_2070@yahoo.com.

Percetakan:

CV. ASWAJA PRESSINDO

Jl. Plosokuning V No. 73

Minnomartani, Ngaglik, Sleman Yogyakarta

Telp.: (0274) 4462377

e-mail: aswajapressindo@yahoo.com

aswajapressindo@gmail.com

SEKAPUR SIRIH DARI KETUA LEMBAGA PENELITIAN

UIN SUSKA

HUSNI THAMRIN

Di uji syukur kami ucapkan ke hadirat Allah SWT, atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penerbitan buku hasil penelitian dosen ini dapat terwujud dan hadi di hadapan pembaca.

Bagi sebuah perguruan tinggi, penelitian merupakan pilar yang paling penting sebagai salah satu tugas pokok bagi seorang dosen, sebagai upaya untuk mengimplementasikan salah satu bagian seorang dosen, sebagai upaya untuk mengimplementasikan salah satu bagian Tri Dharma Perguruan tinggi, maupun kegiatan riset sebagai center of excellent bagi sebuah perguruan tinggi. Bagi seorang dosen diharapkan tidak semata-mata member bahan aja dari buku-buku teks yang telah using, dan bahkan tidak signifikan lagi bagi perkembangan ilmu pengetahuan yang paling mutakhir. Oleh karena itu kegiatan penelitian merupakan suatu usaha untuk memperbarui dan menemukan sesuatu yang baru bagi perkembangan ilmu pengetahuan, sains-teknologi dan seni.

Sejalan dengan visi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, sebagai Universitas terkemuka di Asia Tenggara, maka rangkaian kegiatan riset dan publikasi adalah sesuatu yang tak dapat ditawar-tawar lagi. Untuk menjadi Universitas yang terkemuka dikawasan Asia tenggara, maka kegairahan intelektual dan kultur akademis mesti tercipta pada Universitas ini. Lebih dari pada itu di Universitas ini harus dapat menghasilkan publikasi pemikiran-pemikiran yang inovatif, inspiratif dan revolusioner sebagai Universitas yang dapat dibanggakan. Jika tidak demikian visi tersebut hanya menjadi mimpi dan retorika belaka. Dalam perjalanan sejarah renaissance di dunia banyak dimotori oleh pemikiran-pemikiran dai kalangan akademisi di Universitas

melakukan penelitian. Karena pada hakikatnya, professional dosen itu sebenarnya terletak pada produktivitas karya ilmiah yang dihasilkan, seperti menghasilkan berbagai penelitian yang sesuai dengan keahliannya. Dengan demikian, setiap dosen dituntut untuk melakukan pengembangan dirinya dalam bidang penelitian, sehingga setiap dosen mengerti dan mengetahui berbagai persoalan yang berkembang di tengah masyarakat dan begitu juga mengetahui berbagai perkembangan ilmu pengetahuan dan penemuan baru. Baik dalam sains social maupun sains alam.

Dengan diterbitkan Buku-buku hasil penelitian dosen-dosen ini merupakan dari upaya mensosialisasikan kegiatan-kegiatan akademik untuk berbagai kepentingan bagi pihak-pihak yang menginginkannya. Artinya hasil-hasil penelitian yang dipublikasikan ini diharapkan dapat membantu berbagai pihak dalam mengambil kebijakan untuk melakukan pembangunan dan pengembangan ditengah masyarakat. Program ini juga dipandang upaya sebagai kontribusi Perguruan tinggi dengan Pemerintah dan Masyarakat, sehingga masyarakat juga merasa memiliki perguruan tinggi sekaligus mengetahui apa saja program dan kegiatan yang dilakukan perguruan tinggi.

Kami sebagai Rektor mengucapkan terimakasih dan penghargaan yang tulus kepada Ketua LPP UIN SUSKA Riau dan berbagai pihak yang terlibat dalam proses penerbitan ini, semoga semua bantuan yang diberikan menjadi amal dan dibalas oleh Allah SWT, kami berharap buku ini bermanfaat bagi kita semua dan dapat mendatangkan inspirasi bagi menumbuh kembangkan tradisi kultur akademis dan pencapaian UIN Sultan Syarif Kasim Riau.


Wasalam,
Pekanbaru, Desember 2011
Rektor UIN SUSKA Riau

Prof. DR. H. M. Nazir karim

DAFTAR ISI

Kata Pengantar Ketua Lembaga Penelitian dan Pengembangan UIN Sultan Syarif Kasim Riau	v
Kata Pengantar dari Rektor UIN Suska Riau	vii
Daftar Isi	ix

1. Rumah Mandiri Energi Menggunakan Tenaga Surya dan Biogas <i>Kunaifi</i>	1
2. Analisis peramalan beban listrik jangka pendek dengan menggunakan metode <i>autoregressive (ar)</i> <i>Zulfatriaini</i>	73
3. Keragaman dan differensiasi genetik pasak bumi (<i>eurycoma longifolia</i> , jack) berdasarkan penanda RAPD <i>Zulfahmi</i>	93
4. Perancangan ulang tata letak fasilitas pabrik pembuatan batu bata <i>Yenita Morena dan Merry Siska</i>	123
5. Studi perbanyakan vegetatif tanaman kantong semar (<i>nepentes</i> , spp) melalui stek batang <i>Rosmaina</i>	141
6. Kandungan Fraksi Serat Dari Serat Buah Kelapa Sawit yang Difermentas Dengan Feses Kambing <i>Dewi Ananda Mucra</i>	175
7. Susut Masak Dan Daya Mengikat Air Daging Kerbau yang Dimarinasi Larutan Asam Sitrat <i>Endah Purnamasari</i>	207
8. Pengukuran Kinerja Organisasi dengan Penerapan Metode IPMS yang Terintegrasi dengan Metode SMART System (Studi Kasus : Fakultas "X") <i>Petir Papilo</i>	233



Rumah Mandiri Energi Menggunakan Tenaga Surya dan Biogas

Oleh: Kunaifi

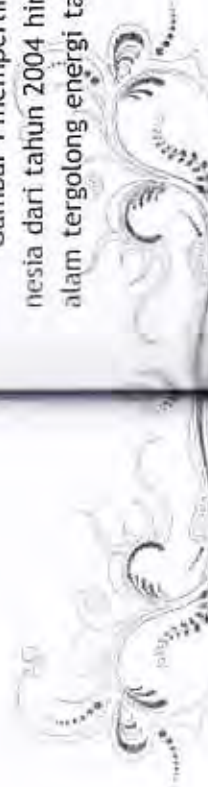
Pendahuluan

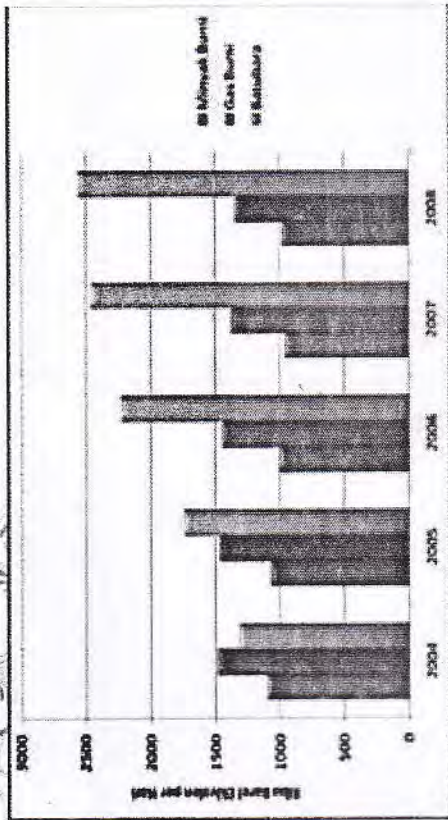
Terdapat tiga jenis energi utama yang digunakan di rumah tangga, yaitu energi listrik, gas, dan bahan-bakar minyak (BBM). Listrik digunakan untuk penerangan dan mengoperasikan berbagai peralatan rumah, gas digunakan untuk memasak, dan BBM digunakan untuk memasak dan menjalankan kendaraan bermotor.

Pada satu sisi kebutuhan akan ketiga jenis energi tersebut semakin meningkat seiring kualitas hidup masyarakat yang makin baik, namun di sisi lain keamanan suplai ketiga jenis energi tersebut semakin tidak pasti. Krisis energi berkepanjangan yang dialami Propinsi Riau adalah masalah fundamental.

Krisis listrik dipicu oleh penurunan produksi minyak bumi nasional sebagai bahan bakar pembangkit listrik, kebutuhan listrik yang makin meningkat, dan keterbatasan dana pemerintah untuk membangun pembangkit baru. Krisis BBM dipicu oleh penurunan produksi BBM dalam negeri, kenaikan harga BBM internasional, dan kebutuhan yang makin meningkat. Sedangkan krisis gas, walapun dalam skala kecil, lebih banyak dipengaruhi oleh sistem distribusi yang belum maksimal.

Gambar 1 memperlihatkan produksi bahan bakar fosil di Indonesia dari tahun 2004 hingga 2008. Karena minyak bumi dan gas alam tergolong energi tak terbarukan, maka cepat atau lambat





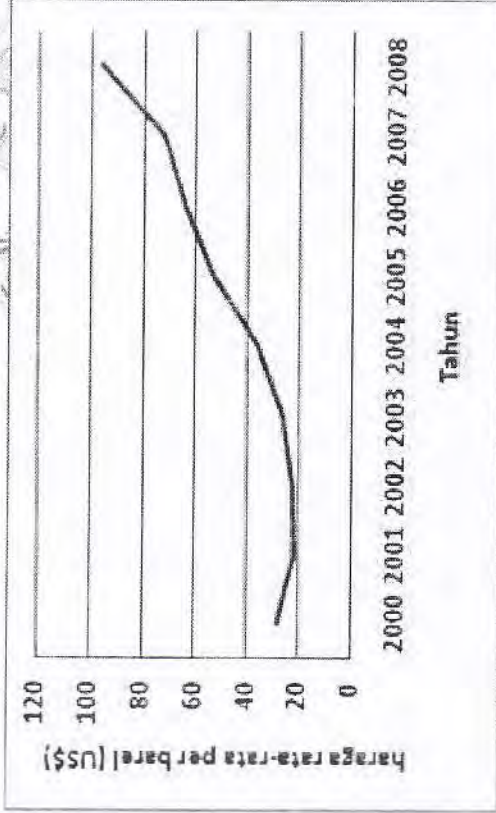
Produksi energi fosil 2004-2008

(Sumber: DESDM, dalam Kemen LH 2008)

Ketertarikan yang tinggi pada minyak bumi dan gas, baik sebagai bahan bakar pada pusat pembangkit listrik maupun untuk keperluan rumah tangga memiliki beberapa dampak negatif, sebagai berikut:

1. Ekonomi

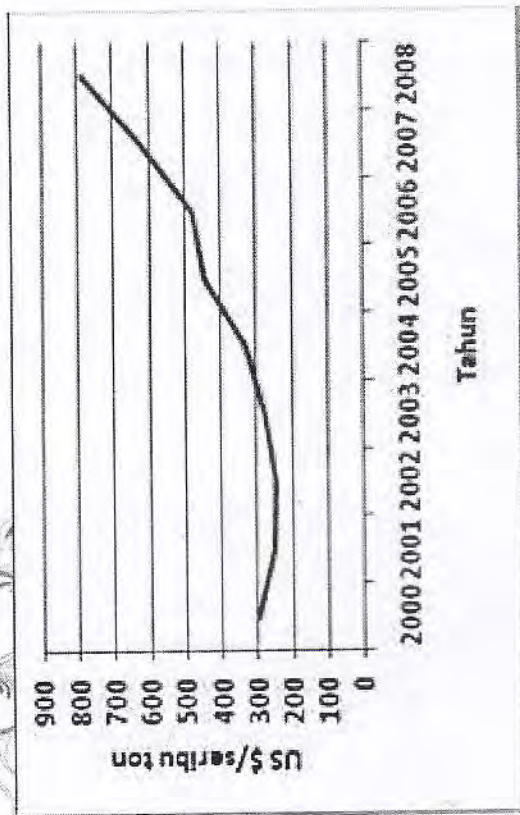
Beban ekonomi yang ditanggung masyarakat makin berat disebabkan harga energi yang makin mahal. Gambar 2 menunjukkan kenaikan harga minyak mentah di Indonesia pada periode 2000 hingga 2008.



Harga minyak mentah Indonesia 2000-2008

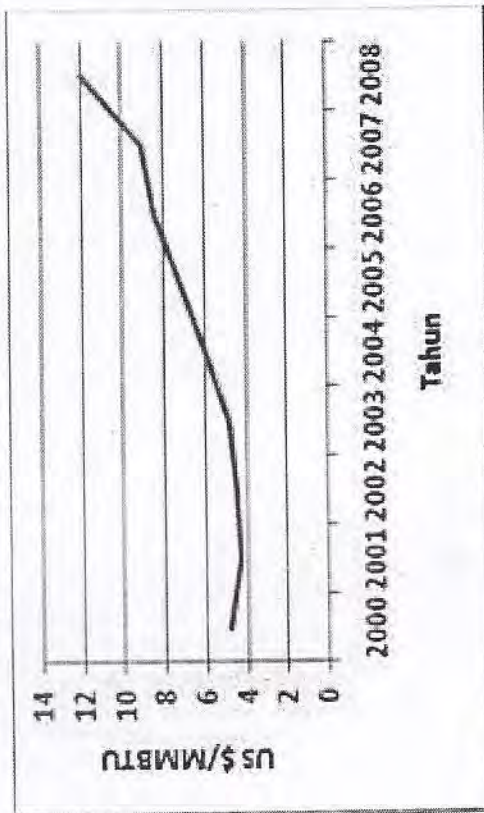
(Sumber: Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral 2008)

Sama dengan minyak mentah, harga *liquified petroleum gas* (LPG) dan *liquified natural gas* (LNG) juga mengalami peningkatan. Gambar 3 dan Gambar 4 memperlihatkan kenaikan harga LPG dan LNG di Indonesia.



Harga LPG 2000-2008

(Sumber: Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral 2008)



Harga LNG 2000-2008

(Sumber: Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral 2008)

2. Lingkungan Hidup dan Kesehatan

Pembakaran bahan bakar fosil adalah penyebab utama emisi gas rumah kaca (GRK) ke atmosfer (Rakhmawan n.d.). Selain itu pembakaran bahan bakar fosil menimbulkan polusi udara yang dapat mempengaruhi kesehatan manusia mulai dari gangguan pernafasan, peredaran darah, iritasi, dan terganggunya sistem syaraf pusat (Departemen kesehatan n.d.).

Untuk meniyasati krisis bahan bakar fosil, mengurangi pengaruh penggunaannya terhadap lingkungan hidup dan kesehatan, dan meniyasati harga energi yang makin tinggi, perlu dipikirkan jenis energi lain untuk memenuhi kebutuhan energi di rumah tangga.

Pada penelitian ini ditawarkan sebuah konsep rumah mandiri energi yang dapat menyediakan suplai energi seperti listrik dan gas secara mandiri dengan memanfaatkan sumber energi dari alam. Keunggulan konsep ini adalah karena tidak menggunakan bahan bakar fosil (baik secara langsung maupun tidak langsung), sehingga diharapkan lebih ekonomis, ramah lingkungan, dan suplai terjamin. Sebelum konsep rumah mandiri energi diterapkan, akan dilakukan studi teknis dan ekonomi terlebih dahulu. Lokasi penelitian yang dipilih adalah di Desa Kuala Lala, Kecamatan Sei Lala, Kabupaten Indragiri Hulu (INHU), Riau.

Perumusan Masalah Permasalahan Energi di Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah di Desa Kuala Lala, Kecamatan Sei Lala, Kabupaten Indragiri Hulu (INHU), Riau. Desa Kuala Lala dipilih karena beberapa alasan, yaitu: (1) Desa Kuala Lala belum terjangkau jaringan listrik PLN sehingga terdapat kebutuhan tinggi akan suplai listrik, (2) Sebagian besar masyarakat di Desa Kuala Lala memiliki peliharaan hewan ternak, yaitu sapi, yang potensial untuk

pengembangan biogas, dan (3) telah dilakukan penelitian awal oleh peneliti bersama mahasiswa Jurusan Teknik Elektro di Desa Kuala Lala.

Saat ini sebagian besar masyarakat desa Kuala Lala menggunakan lampu minyak tanah (*kerosene*) untuk penerangan, sementara penduduk yang secara ekonomi lebih beruntung memiliki generator diesel. Sedangkan untuk memasak, sebagian besar penduduk menggunakan kayu bakar seperti diperlihatkan Gambar 5.

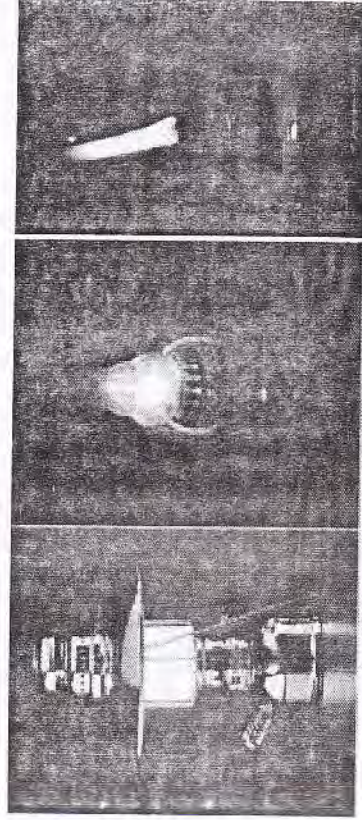


Sebagian penduduk Desa Kuala Lala memasak menggunakan kayu bakar

(Foto: Devi Nuryadi 2011)

Untuk penerangan, sebagian besar masyarakat desa Kuala menggunakan tiga jenis lampu. Jenis pertama adalah lampu Petromax yang menggunakan minyak tanah sebagai bahan bakar untuk menghasilkan cahaya yang cukup terang. Jenis lampu kedua yang banyak digunakan di Desa Kuala Lala adalah lampu dinding atau disebut juga lampu tempel. Lampu tempel juga menggunakan

minyak tanah yang disimpan di dalam kantong kaca di bagian bawah lampu dan kaca tipis berbentuk silinder di atas kantong kaca. Api lampu berada di tengah silinder kaca. Berbeda dengan Petromax, lampu tempel memiliki sumbu, bukan mantel seperti pada lampu Petrimax. Jenis lampu ketiga yang digunakan di Desa Kuala Lala adalah lampu pelita, sebuah lampu dengan api terbuka. Sama dengan lampu tempel, lampu pelita menggunakan sumbu untuk menaikkan minyak tanah. Gambar 6 memperlihatkan bentuk lampu Petromax, lampu tempel, dan lampu pelita.



(a)(Sumber: Unterwegs n.d.) (b) (Sumber: Lynnather n.d.)

(c) (Sumber: Flickr n.d.)

(a) Lampu Petromax, (b) lampu tempel, (c) lampu pelita

Penggunaan kayu bakar api terbuka pada dapur di dalam rumah dapat menimbulkan persoalan kesehatan yang serius. Karena digunakan di dalam rumah, anggota rumah-tangga, khususnya wanita dan anak-anak, terpapar pada abu dan polusi karbon monoksida. Memang belum ada data yang menunjukkan dampak penggunaan kayu bakar api terbuka pada dapur di dalam rumah terhadap masyarakat Riau pada umumnya. Namun sebagai pembandingan, WHO (2005) menunjukkan bahwa sekitar 1,6 juta kematian prematur terjadi setiap tahun pada wanita dan anak-anak di negara berkembang disebabkan pembakaran biomassa di dalam rumah, yang sebanding dengan satu kematian setiap 20 detik

Sedangkan resiko dan kelemahan penggunaan lampu minyak tanah yaitu:

1. Bau minyak tanah yang tidak sedap.
2. Bahaya kebocoran minyak atau jika lampu terjatuh ke lantai yang mudah terbakar. Di Filipina misalnya, kebakaran yang ditimbulkan lampu minyak tanah menalakan banyak korban jiwa (Meier 2003).

Perumusan Masalah

Berdasar uraian di atas, perlu dipikirkan sumber energi lain untuk memenuhi kebutuhan listrik dasar dan memasak yang mengurangi resiko seperti diuraikan di atas. Untuk memenuhi kebutuhan listrik dasar, Desa Kuala Lala, karena lokasi geografisnya, memiliki sumber energi surya yang bagus sehingga memungkinkan pengembangan PLTS. Sedangkan untuk kebutuhan memasak, masyarakat Desa Kuala Lala dapat menggunakan biogas yang dihasilkan dari ternah sapi yang dimiliki. Rata-rata setiap keluarga di Desa Kuala Lala memelihara dua ekor sapi (Gambar 7).



Kandang sapi di salah satu rumah penduduk Desa Kuala Lala

(Foto: Devi Nuryadi 2011)

Permasalahan utama yang dibahas pada penelitian ini adalah analisa kelayakan konsep rumah mandiri energi ditinjau dari aspek teknis dan ekonomi untuk diterapkan di Propinsi Riau, khususnya di kawasan pedesaan yang belum dijangkau jaringan listrik PT. PLN (Persero). Dua jenis energi yang menjadi fokus penelitian ini adalah suplai listrik menggunakan energi surya dan suplai gas menggunakan biogas.

Gabungan kedua jenis energi tersebut pada konsep rumah mandiri energi ini dimaksudkan untuk memenuhi kebutuhan listrik rumah tangga di kawasan pedesaan di Propinsi Riau dan memenuhi kebutuhan gas untuk keperluan memasak makanan.

Metodologi Penelitian

Jenis Penelitian

Penelitian ini adalah gabungan dari model kuantitatif. Di antara contoh aspek kuantitatif pada penelitian ini adalah besaran konsumsi energi dari peralatan-peralatan listrik yang akan digunakan pada rumah.

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini adalah di Desa Kuala Lala, Kecamatan Sei Lala, Kabupaten Indragiri Hulu, Riau. Lokasi ini dipilih karena beberapa alasan sebagai berikut:

- Desa Kuala Lala belum terjangkau jaringan listrik PLN sehingga terdapat kebutuhan tinggi atas suplai listrik.
- Sebagian besar masyarakat di Desa Kuala Lala memiliki peliharaan hewan ternak, yaitu sapi.
- Telah dilakukan penelitian awal oleh peneliti bersama mahasiswa Jurusan Teknik Elektro di Desa Kuala Lala.

Data yang Dibutuhkan dan Sumber Data

Data-data yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah:

Data untuk perancangan dan perhitungan biaya PLTS:

Data untuk perancangan dan perhitungan biaya PLTS

No.	Data yang diperlukan	Sumber data
1	Intensitas radiasi matahari di lokasi penelitian	Database SME NASA, via internet menggunakan username dan password khusus yang sudah dimiliki peneliti.
2	Daftar peralatan listrik yang diperlukan pada sebuah rumah tangga ukuran sedang, serta spesifikasi teknisnya	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wawancara dengan beberapa pemilik rumah yang memiliki suplai listrik dari generator diesel. ▪ Datasheet peralatan listrik dari internet.
3	Lokasi penelitian, derajat bujur dan lintang	Google Earth ^(K)
4	Harga komponen PLTS	Internet
5	Biaya instalasi sistem PLTS	Wawancara dengan Biro Instalasi Listrik di Kecamatan Sei Lala.
6	Tarif Dasar Listrik 2010	Buku TDL 2010

Data untuk perancangan dan perhitungan biaya biogas digester:

Data untuk perancangan dan perhitungan biaya biogas digester

No.	Data yang diperlukan	Sumber data
1	Pola penggunaan gas di rumah tangga ukuran sedang di lokasi penelitian.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wawancara dengan keluarga sampel penelitian dan keluarga lain yang sudah menggunakan gas Pertamina
2	Jenis dan jumlah ternak yang dimiliki oleh keluarga yang menjadi sampel penelitian	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wawancara dengan keluarga sampel penelitian
3	Lokasi kandang ternak dan ketersediaan lahan untuk pembuatan digester biogas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wawancara dengan keluarga sampel penelitian
4	Biaya pembuatan biogas digester	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wawancara dengan pemilik toko bangunan di Kec. Sei Lala. ▪ Wawancara dengan tukang bangunan di Ke. Sei Lala. ▪ Internet. ▪ Wawancara dengan keluarga yang sudah menggunakan gas Pertamina
5	Harga gas Pertamina di lokasi penelitian	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wawancara dengan keluarga yang sudah menggunakan gas Pertamina

Prosedur Penelitian

Tahapan penelitian ini meliputi:

1. Survey ke lokasi penelitian
Tujuan survey adalah untuk mendapatkan data-data penelitian.

2. Perancangan sistem PLTS:
 - ✓ Menentukan Intensitas cahaya matahari diperoleh dari database *Surface Meteorological and Solar Energy (SMSE)*, milik *National Aeronautics and Space Administration (NASA)*, Amerika Serikat, menggunakan *username* dan *password* khusus.

- ✓ Studi beban listrik: meliputi jenis dan ukuran beban keseluruhan di rumah dan konsumsi energi harian. Konsumsi energi harian akan dihitung berdasarkan ukuran beban (dalam Watt) dan lama beban digunakan per hari (dalam watt hour), dan waktu beban digunakan.

- ✓ Mendisign sistem PLTS untuk rumah mandiri eneri meliputi penentuan kriteria sistem, penentuan bulan desain, perancangan ukuran dan spesifikasi inverter, perancangan ukuran dan spesifikasi baterai, perancangan ukuran dan spesifikasi BCR, dan perancangan ukuran dan spesifikasi modul surya. Perancangan ini akan dilakukan menggunakan *Australian Standard AS 4509.2-2002* tentang *Stand Alone Power Systems Bagian 2: System Design and Guidelines*.

- ✓ Menentukan biaya sistem PLTS.

3. Perancangan Sistem Biogas Digester

- a. Studi beban dan disain biogas digester: meliputi penentuan ukuran digester berdasarkan konsumsi gas per hari dan produksi kotoran hewan yang tersedia per hari. Konsumsi gas harian di hitung berdasarkan lamanya pemakaian kompor gas per hari dengan nyala normal, sedangkan suplai kotoran hewan dihitung berdasar jumlah sapi/kerbau yang tersedia.
- b. Menentukan biaya sistem biogas digester.

4. Analisa ekonomi rumah mandiri energi akan dilakukan dengan membandingkan biaya awal dan biaya operasional dengan rumah yang disuplai listrik dari PLN dan suplai gas dari Pertamina.

Tahapan perancangan sistem dan analisa ekonomi dalam bentuk diagram dapat dilihat pada Gambar 8.

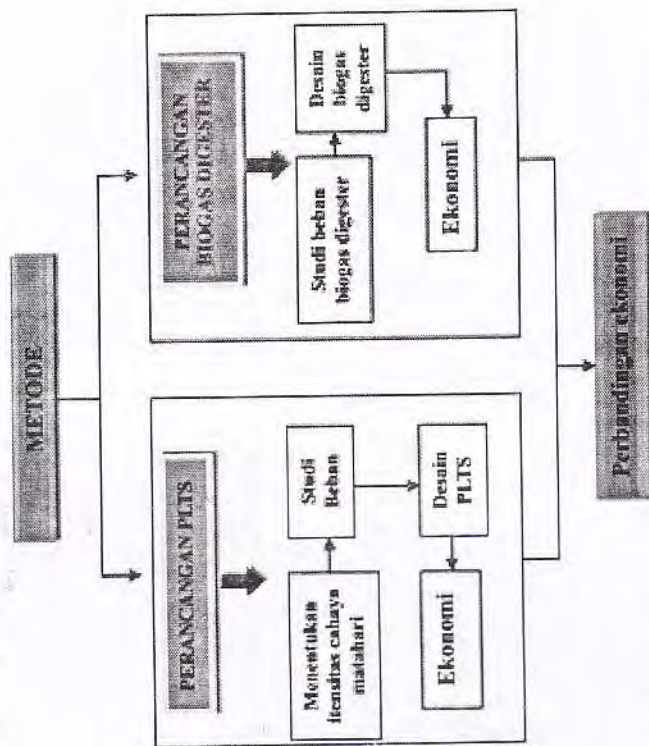
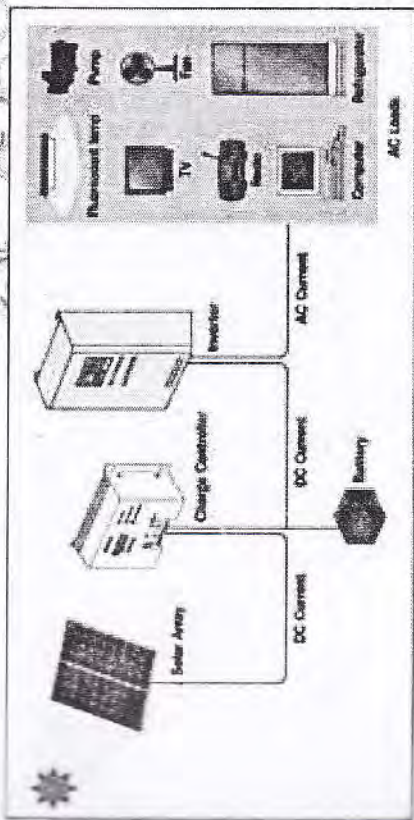


Diagram alur perancangan dan analisa ekonomi rumah mandiri energi

Tinjauan Pustaka

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS)

PLTS adalah sebuah sistem yang menghasilkan energi listrik menggunakan sumber energi matahari. Sebuah sistem PLTS terdiri dari beberapa komponen, yaitu modul surya, pengendali pengisian baterai, baterai, inverter, dan beban listrik (Gambar 9).



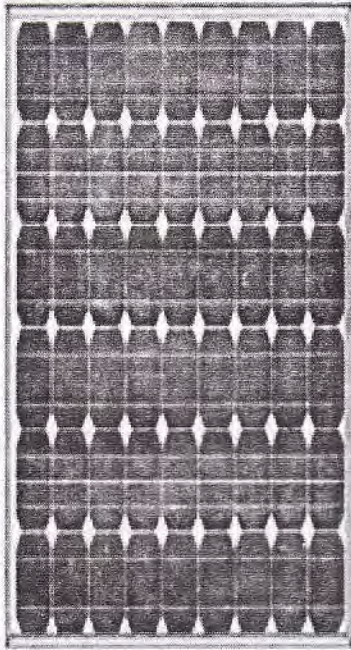
Sistem PLTS

(Sumber: Leonic 2011)

Sistem kerja sistem PLTS adalah sebagai berikut: Pada saat cahaya matahari mengenai modul surya, terjadi konversi energi matahari menjadi energi listrik arus searah. Energi listrik yang dihasilkan modul surya kemudian digunakan untuk mengisi baterai yang dikendalikan oleh sebuah pengendali pengisian baterai. Energi listrik yang disimpan di dalam baterai adalah arus searah. Supaya dapat digunakan oleh peralatan listrik yang umumnya bekerja dengan arus bolak-balik, digunakan sebuah inverter. Keluaran inverter adalah listrik arus bolak-balik dengan tegangan dan daya yang sesuai dengan kebutuhan beban listrik.

Modul surya

Modul surya dibangun oleh sejumlah sel surya yang dibuat menggunakan bahan silikon. Pada saat sinar matahari mengenai sel surya, terjadi pelepasan sejumlah elektron bebas yang kemudian mengalir dalam bentuk arus listrik searah. Peristiwa ini dapat terjadi karena efek fotolistrik sehingga sel surya disebut juga dengan *photovoltaic cell*. Gambar 10 adalah salah satu jenis modul surya yang populer.

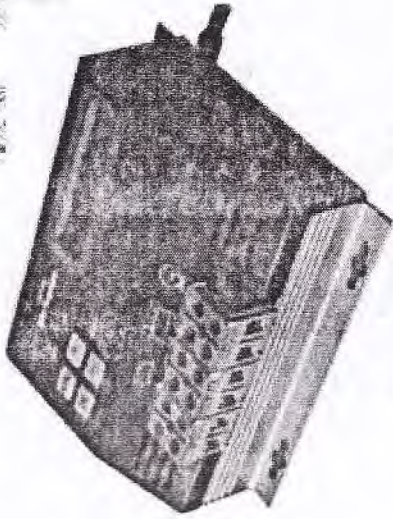


Modul surya jenis monocrystalline

(Sumber: Zhejiang Heda Solar Technology 2011)

Pengendali pengisian baterai

Pengendali pengisian baterai atau *battery charger regulator* (BCR) berfungsi mengendalikan pengisian/charge baterai sekaligus sebagai sistem proteksi bagi baterai. Arus listrik yang dihasilkan modul surya diteruskan oleh BCR ke baterai sehingga baterai diisi oleh muatan listrik dan disimpan untuk digunakan pada saat dibutuhkan. Jika baterai telah terisi penuh, BCR secara otomatis memutuskan hubungan antara panel surya dengan baterai sehingga pengisian baterai berhenti. Sebaliknya, apabila muatan listrik yang ada pada baterai dibawah kondisi yang ditentukan, maka BCR akan menghubungkan solar panel dengan baterai dan mengisi baterai dengan muatan listrik. Gambar 11 adalah salah satu jenis BCR yang banyak digunakan.

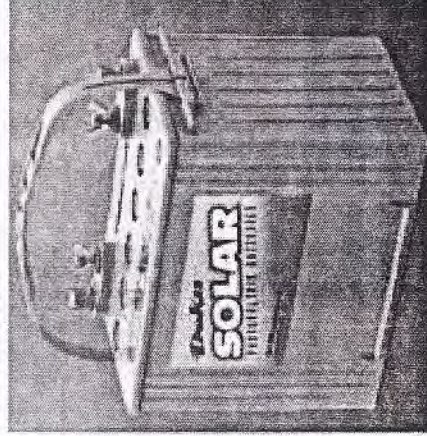


Salah satu jenis BCR

(Sumber: Akash Solar 2011)

Baterai

Baterai berfungsi sebagai penyimpan muatan listrik yang berasal dari modul surya supaya sistem PLTS dapat menghasilkan suplai listrik kontinyu pada saat sinar matahari tidak ada atau kurang, misalnya pada malam hari atau saat cuaca mendung. Gambar 12 memperlihatkan salah satu jenis baterai yang khusus digunakan pada sistem PLTS.

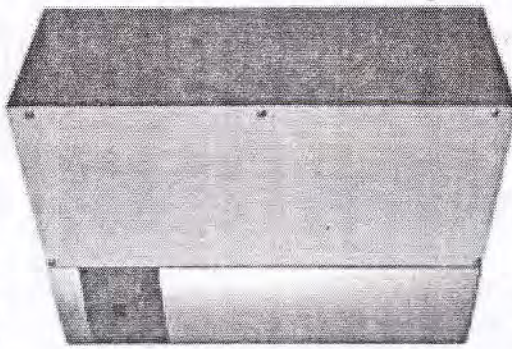


Salah satu jenis baterai yang digunakan pada sistem PLTS

(Sumber: Home Solar PV Panels 2009)

Inverter

Inverter adalah sebuah peralatan yang berfungsi mengubah arus listrik searah (DC) pada baterai menjadi arus listrik bolak-balik (AC). Dalam banyak aplikasi, inverter juga memperbesar tegangan input ke level yang sesuai dengan kebutuhan beban. Listrik keluaran inverter juga memiliki frekuensi yang sesuai dengan kebutuhan beban. Sifat-sifat inverter ini memungkinkan sistem PLTS mengoperasikan kebanyakan peralatan listrik di rumah tangga. Gambar 13 memperlihatkan salah satu jenis inverter yang umum digunakan pada sistem PLTS.



Salah satu jenis inverter
(Sumber: OffgridExpert 2011)

Beban listrik

Beban listrik adalah peralatan rumah tangga yang beroperasi menggunakan listrik. Beban listrik terdiri dari berbagai jenis seperti lampu, mesin-mesin listrik, pengkondisi udara (AC), peralatan audio-video, dan lain-lain.

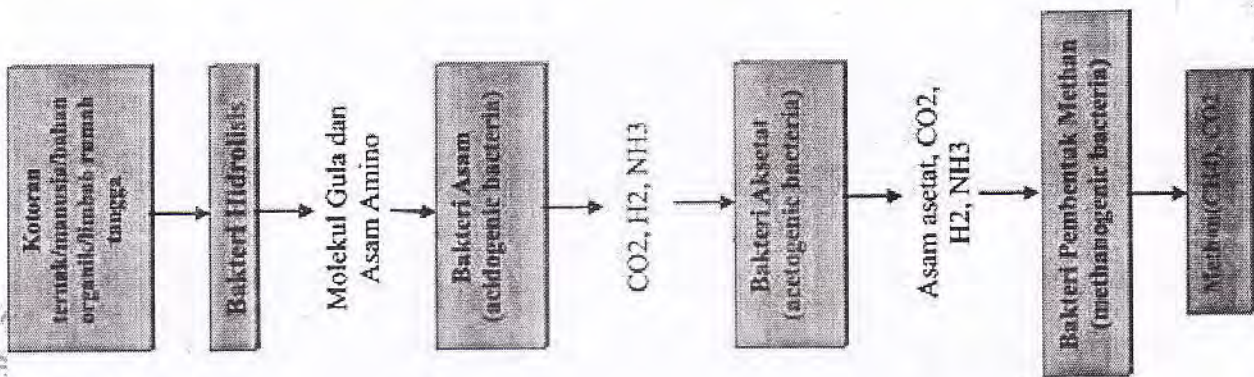
Biogas digester

Biogas digester merupakan suatu teknologi yang memanfaatkan bahan-bahan organik seperti kotoran manusia dan hewan, limbah rumah tangga, dan sampah-sampah organik secara anaerobik untuk menghasilkan gas methana. Gas methana yang dihasilkan bersifat dapat terbakar (*combustible*) sehingga dapat difungsikan untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga seperti memasak dan lain-lain.

Pada biogas digester terjadi reaksi fermentasi terjadi tanpa kehadiran oksigen sama sekali. Prosen ini menghasilkan gas methane, karbon dioksida, hidrogen dan sejumlah kecil gas-gas lain. Selain itu reaksi ini juga menghasilkan energi panas yang kecil dan ampas sehingga dapat digunakan sebagai pupuk dengan kandungan nitrogen yang lebih tinggi sehingga bagus untuk tanaman (Wahyuni 2002).

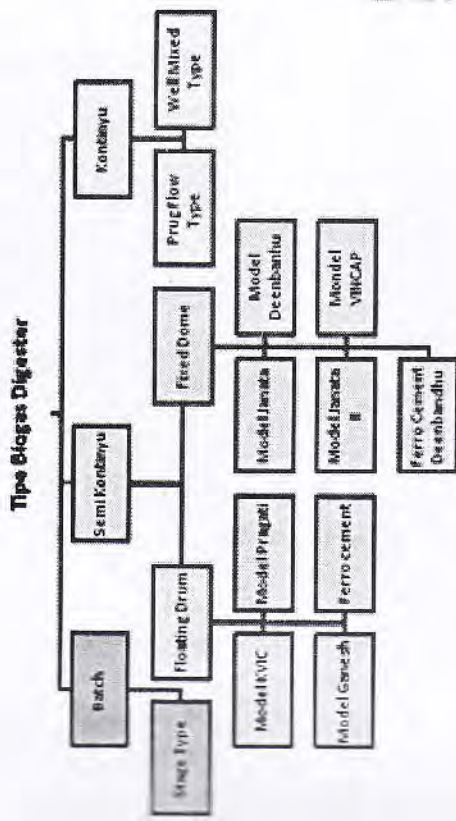
Reaksi fermentasi anaerobik terjadi dalam beberapa tahap sesuai dengan jenis mikroba yang terlibat. Berdasarkan cara kerjanya, mikroba yang terlibat dapat dibedakan yaitu bakteri hidrolisis, bakteri penghasil asetat (*acetogenic bacteria*), bakteri penghasil asam (*acidogenic bacteria*) dan bakteri penghasil metana (*methanogenic bacteria*) (LPPM STTAL 2011).

Seperti diperlihatkan pada Gambar 14, pada tahap pertama bakteri hidrolisis akan membongkar molekul kompleks dari polimer organik tak larut semacam karbohidrat dari material bahan baku menjadi molekul yang lebih sederhana dan mudah diuraikan jenis bakteri yang lain. Kemudian *acidogenic bacteria* (bakteri asam) akan merubah molekul gula dan asam amino menjadi karbondioksida (CO₂), hidrogen(H₂), dan amonia (NH₃). Setelah itu *acetogenic bacteria* (bakteri asetat) akan merubahnya menjadi asam asetat, amonia, hidrogen dan karbondioksida. Setelah bahan-bahan di atas terdapat dalam jumlah yang cukup, maka *methanogenic bacteria* (bakteri pembentuk methan) akan bekerja merubah bahan-bahan di atas menjadi gas metana (CH₄) dan Karbon dioksida (CO₂) (LPPM STTAL 2011).



Proses pembentukan gas methana pada biogas digester

Terdapat banyak empat tipe digester-biogas. Secara umum, menurut Pandey (n.d.), terdapat tiga kelompok utama biogas digester tipe *batch*, tipe semi kontinyu, dan tipe kontinyu (Gambar 15).

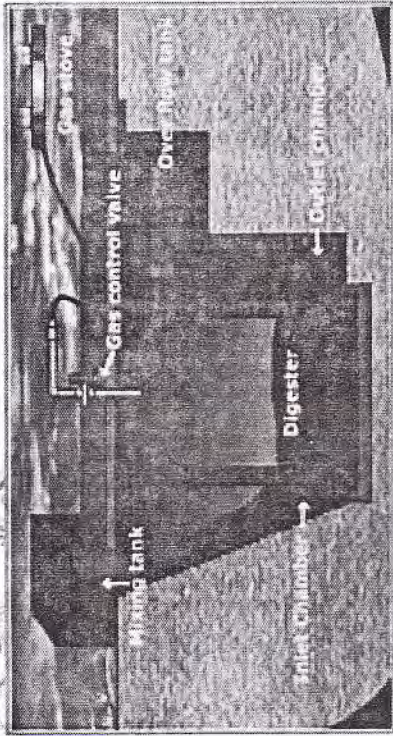


Tipe biogas digester (Sumber: Pandey n.d.)

Pada penelitian ini hanya digunakan biogas digester tipe *fixed dome*. Alasan pemilihan tipe ini adalah: (a) sudah banyak digunakan dengan tingkat kesuksesan tinggi, (b) menggunakan bahan baku lokal, (c) mudah dibuat, (d) biaya relatif murah (Tutor Vista 2011).

Biogas digester tipe fixed dome

Digester tipe *fixed dome* berbentuk seperti tabung dan mempunyai kubah di bagian atas serta dibuat dengan konstruksi batu bata (Gambar 16). Digester dipasang di bawah tanah dan mempunyai saluran inlet dan outlet. Secara umum, digester tipe *fixed dome* memiliki berbagai macam ukuran yang sering digunakan yaitu 6 m³, 9 m³, 13 m³, dan 18 m³ (Ginting 2008).



Biogas digester tipe *fixed dome*

(Sumber: TutorVista 2011)

Menurut Ginting (2008), dalam pembuatan digester tipe *fixed dome* ada tiga hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

- Letak kandang ternak
- Lahan yang akan dibangun digester
- Calon lokasi pengolahan limbah

Lokasi ideal dalam penentuan lokasi dimana akan dibangun digester adalah meletakkan lokasi kandang pada daerah yang paling atas dan lokasi biogas digester berada dilahan yang sedikit lebih rendah dari kandang. Kemudian lokasi pengolahan limbah berada dibagian paling rendah dari lokasi kandang dan biogas digester hal ini dilakukan agar pembuatan dan pengoprasian seluruh kegiatan biogas digester lebih mudah dan ringan.

Komponan Biogas digester

Sistem biogas didukung oleh beberapa komponen, yaitu:

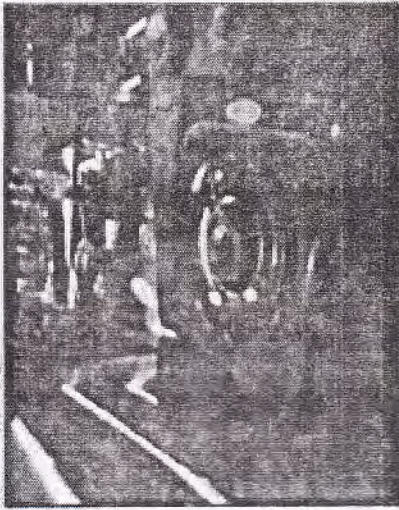
- Bahan baku
 - Bahan baku sistem biogas adalah kotoran ternak. Namun demikian kotoran ternak bukan satu-satunya bahan baku yang bisa menghasilkan gas methana.

- Digester
 - Digester berfungsi untuk menampung kotoran ternak dan mengolahnya menjadi gas methana.
- Pipa dan valve
 - Pipa berfungsi mengatirkan gas dari digester ke kompor biogas dan valve berfungsi untuk mengontrol/*open-close* aliran gas yang berasal dari digester.
- Penyimpanan
 - Gas methana yang dihasilkan dari digester ditampung/di simpan dalam sebuah kantong plastik berukuran besar (Gambar 17).



Kantong plastik penyimpanan gas
(Sumber: Huamei Energy 2011)

- Kompor biogas
 - Kompor biogas merupakan tempat membakar gas methana yang dihasilkan dari digester (Gambar 18).



Salah satu bentuk kompor biogas

(Sumber: National Biogas Program Cambodia 2006)

Analisa ekonomi

Analisa ekonomi yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode *life cycle cost analysis* (LCCA). Menurut Realta Soft (2007), suatu LCCA merupakan analisa biaya-biaya suatu sistem atau komponen sepanjang siklus hidupnya. Terdapat tiga komponen biaya yang dihitung, yaitu:

- Biaya akuisisi (atau biaya desain dan pembuatan).
- Biaya operasi dan perawatan:
 - o Biaya kegagalan sistem.
 - o Biaya perbaikan.
 - o Biaya suku cadang.
- Biaya pembongkaran.

Suatu LCCA yang lengkap juga menghitung aspek finansial lain seperti *discount rates*, *interest rates*, *depreciation*, *present value of money*, dan lain-lain.

Hasil dan Analisa

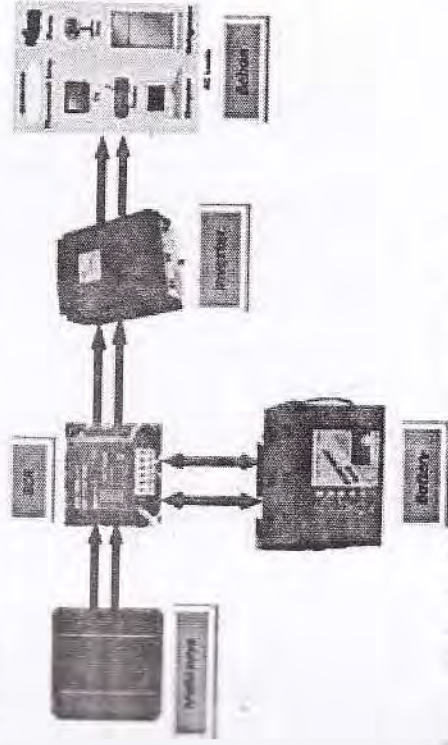
Perancangan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) meliputi beberapa tahapan kerja antara lain; menentukan intensitas cahaya matahari, studi beban listrik, disain PLTS, dan menentukan biaya sistem PLTS selama 20 tahun.

Perancangan biogas digester meliputi beberapa tahapan kerja antara lain; studi beban dan disain biogas digester, dan biaya sistem biogas digester selama 20 tahun.

Dan yang terakhir akan dibahas mengenai analisa ekonomi yang meliputi perbandingan nilai ekonomi antara rumah mandiri energi dengan biaya dari PLN, gas dari PERTAMINA, dan minyak tanah dari PERTAMINA.

Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Sebelum memasuki perancangan PLTS terlebih dahulu dapat dilihat blok diagram dari perancangan PLTS pada Gambar 19. Pada gambar dapat terlihat bagaimana alur sistem bekerja dan menghasilkan arus listrik yang nantinya dapat memenuhi kebutuhan beban.



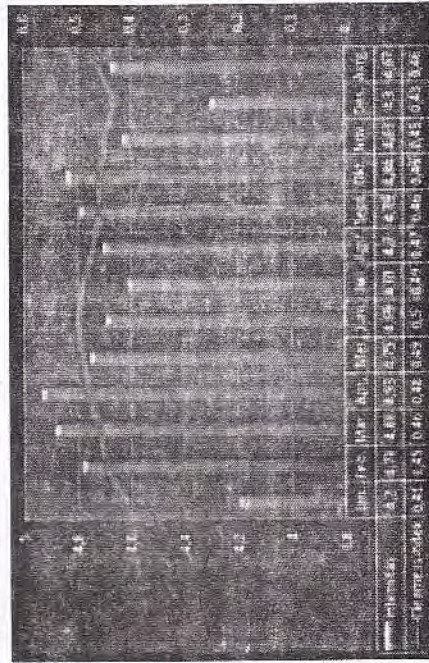
Blok diagram sistem PLTS

Dalam perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) perlu diketahui tahapan-tahapan kerja dalam perancangan, sehingga nantinya perancangan ini menghasilkan *finishing* sesuai dengan yang diharapkan. Tahapan-tahapan kerja tersebut diuraikan sebagai berikut:

Menentukan Intensitas cahaya matahari

Intensitas cahaya matahari merupakan sumber energi utama dalam pembangkit listrik tenaga surya. Pada tugas akhir ini data intensitas cahaya 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 diperlukan titik koordinat dari daerah Desa Kuala Lala Kec. Sungai Lala Kab. INHU. Pencarian didalam *Google Earth* titik koordinat daerah tersebut adalah 0,5 LS dan 102,5 BT

Gambar 20 menunjukkan intensitas cahaya matahari rata-rata per bulan pada permukaan horizontal ($\text{kWh}/\text{m}^2/\text{hari}$) pada Desa Kuala Lala.



Intensitas cahaya matahari dan *Clearness Index* di Desa Kuala Lala

(Sumber: SMSE NASA, 2011)

Intensitas cahaya matahari yang paling tinggi terlihat pada bulan April yaitu mencapai $4,93 \text{ kWh}/\text{m}^2/\text{hari}$. Rata-rata intensitas matahari per tahun adalah $4,67 \text{ kWh}/\text{m}^2/\text{hari}$. Hal ini memperlihatkan bahwa intensitas cahaya matahari di Desa Kuala Lala berpotensi untuk dibangun sistem PLTS. Pada gambar diatas *clearness index* tertinggi terjadi pada bulan Juni yaitu 0,5, sedangkan untuk rata-rata *clearness index* rata-rata per tahun adalah 0,46.

Studi beban listrik

Studi beban pada desa yang belum mempunyai beban listrik yaitu Desa Kuala Lala merupakan suatu kesulitan tersendiri. Hal ini disebabkan karena masyarakat di desa belum mempunyai beban listrik dari PLN. Maka dalam kasus ini diambil sebuah solusi bahwa studi beban akan dilakukan pada desa tetangga yaitu Desa Batu Gajah dimana desa ini sudah mempunyai beban Listrik dari PLN dan jarak nya 5 Km dari Desa Kuala Lala. Di asumsikan pola hidup khususnya dalam penggunaan beban listrik antara kedua desa tidak akan jauh berbeda.

Dalam pengambilan sampel beban akan dilihat beberapa kriteria, anantara lain sebagai berikut:

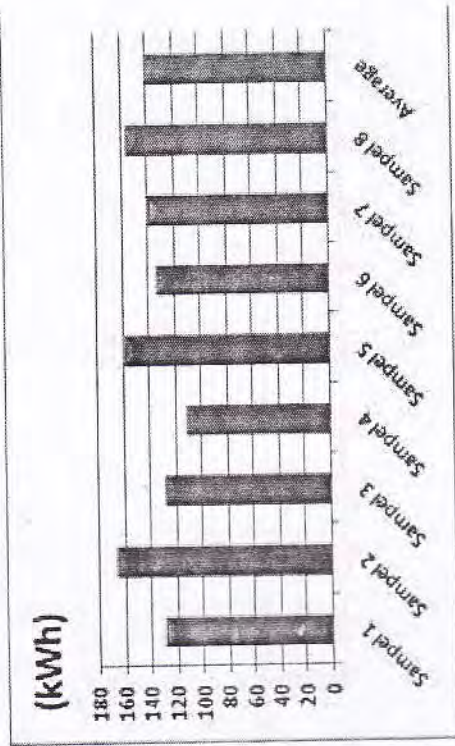
a. Kapasitas rumah

Kapasitas rumah sangat menentukan dalam besar kecilnya penggunaan beban listrik. Dalam penelitian kapasitas rumah akan dilihat antara desa yang belum memakai beban listrik dengan desa yang sudah memakai beban listrik dari PLN, apakah kapasitas rumah keduanya hampir sama atau tidak? Kalau sama, ini merupakan indikasi awal bahwa nantinya pola hidup dalam penggunaan beban listrik akan sama.

b. Jenis beban

Dalam penelitian yang dilakukan, penulis akan mengambil data jenis beban yang rata-rata di gunakan pada Desa Batu Gajah.

Dari survei yang dilakukan, telah didapatkan delapan sampel total beban listrik per bulan pada Desa Batu Gajah. Data ini dapat dilihat pada Gambar 21.



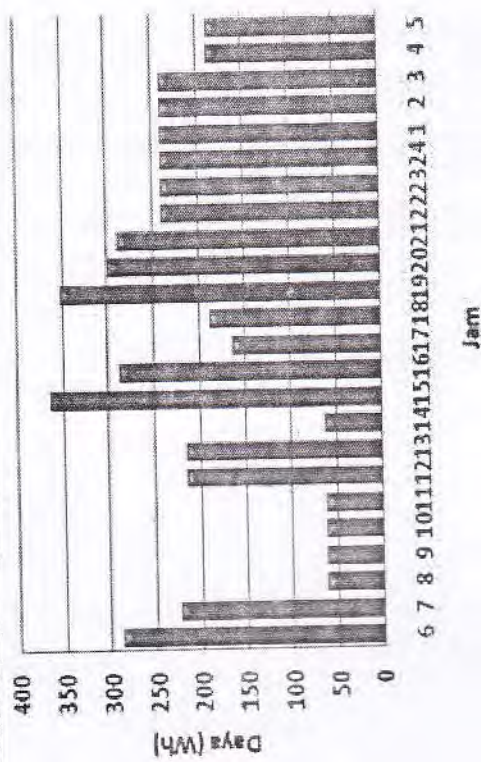
Rata-rata energi listrik yang digunakan per bulan
(Sumber: Data Rekening listrik warga)

Dari delapan sampel diatas dapat dikalkulasikan bahwa beban rata-rata yang digunakan dalam sebulan adalah 139 kWh. Dari rata-rata per bulan dapat dihitung total rata-rata beban yang digunakan dalam sehari adalah 4,5 kWh.

Pada Tabel 3 memperlihatkan beberapa peralatan listrik rata-rata yang digunakan serta konsumsi energi total yang digunakan dalam satu hari. Dari penentuan energi total harian tersebut akan didapatkan kurva beban listrik harian rumah tangga. energi total harian merupakan jumlah energi yang dibutuhkan oleh beban listrik rumah tangga setiap harinya. Beban terpasang, daya terpasang, lama penggunaan beban, serta kebutuhan energi setiap hari.

Data beban listrik rata-rata rumah tangga

No	Beban	Daya (W)	Jumlah	Total Daya (W)	Lama Penggunaan per hari (jam(h))	Waktu digunakan	Energi (Wh)	Faktor daya	Contribution to surge demand (VA)	Surge factor	Contribution to surge demand (VA)
1	Lampu Fluorescent	18	7	126	12	18:00-06:00	1512				
2	TV	80	1	80	9	06:00-08:00 12:00-14:00 16:00-18:00 19:00-22:00	720	0,8	100		100
3	Receiver digital	20	1	20	9	06:00-08:00 12:00-14:00 16:00-18:00 19:00-22:00	180				
4	DVD	60	1	60	1/4	07:00-07:15	15				
5	Lemari pendingin	Standby: 12 W Menyal: 50 W	1	62	24	01:00-24:00	1488				
6	Kipas angin	52	1	52	9	12:00-14:00 19:00-20:00 22:00-04:00	468	0,8	65		65
7	Pompa air	125	1	125	2	06:00-07:00 16:00-17:00	250	0,7	178,6		178,6
8	Cas Handphone	5	2	10	2	19:00-21:00	20				
9	Serika	300	1	300	1/3	15:00-15:20	100				
Total daya keseluruhan (W)											
835											
Total Energi per hari (Wh)											
4753											
Total Contribution to max. demand (VA)											
341,6											
Total Contribution to surge demand (VA)											
1415,2											



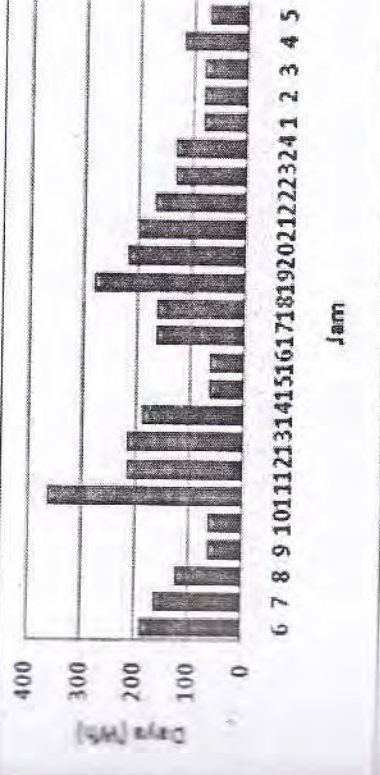
Profil beban listrik rumah tangga per hari. Dari Gambar 22 diatas dapat dilihat bahwa beban puncak terjadi pada malam hari mulai dari pukul 19.00-20.00 yaitu sebesar 362 Watt. Untuk total energi rata-rata per hari dapat dilihat pada Tabel 3 adalah 4753 Wh.

Dari Tabel 3 dan Gambar 22 dapat dilihat bahwa pemakaian listrik masyarakat Desa Batu Gajah belum bisa dikatakan hemat energi. Ini dapat dilihat dari pemakaian keseluruhan lampu yang hidup terus menerus selama 12 jam. Dapat diasumsikan bahwa untuk lampu kamar mandi, dapur, ruang tamu dan kamar tidur bisa dipakai pada saat dibutuhkan saja. Apabila hal itu diterapkan maka secara langsung masyarakat telah menerapkan pola hidup hemat energi (peralatan hanya menyala saat digunakan).

Untuk menerapkan pola hidup hemat energi maka akan direkomendasikan pemakaian energi seperti Tabel 4 di bawah ini:

Data beban listrik rata-rata rumah tangga (Recommended)

No	Beban	Masa (W)	Isi	Watt	Total Daya (Wh)	Uang Listrik (Rp)	Garis Perantara per Hari (Jam)	Waktu	Periode (Mn)	Energi (kWh)	Periode (Mn)	Contribution to energy demand (1/24)	Share (per 1/24)	Contribution to energy demand (1/24)
1	TV	60	1	60	7200	120000	7		12:00-14:00	7200		0.03	100	100
2	Refrigerator	30	1	20	2400	36000	7		07:00-09:00	2400				
3	110W	110	1	60	6600	99000	8.5		18:00-22:00	6600				
4	Lamp (12V/12W)	12	1	12	1440	21600	12		01:00-14:00	1440				
5	Elek. Pajang (40W)	52	1	52	5200	78000	8.5		13:00-22:00	5200		0.8	65	65
6	Lamp (40W)	40	1	125	1250	18750	2		08:00-18:00	1250		0.7	170.8	170.8
7	Lamp (40W)	40	2	16	1600	24000	2		18:00-20:00	1600				
8	Refrigerator (110W)	110	1	380	3800	57000	8.5		18:00-12:00	3800				
Total energi per hari (kWh) 581														
Total Contribution to energy demand (kWh) 2463														
Total Contribution to energy demand (kWh) 2463														
Total Contribution to energy demand (kWh) 193.2														



Profil beban listrik rumah tangga per hari (recommended)

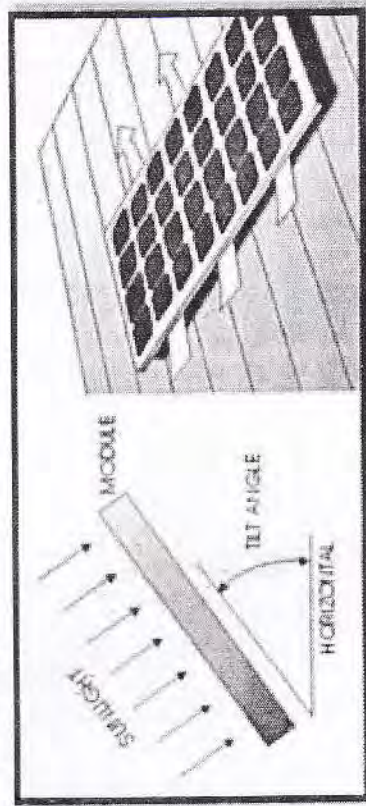
Dari Tabel 4 dan Gambar 23 yang direkomendasikan dapat dilihat bahwa penggunaan total energi per hari menurun. Untuk total energi per hari dari 4753 Wh menjadi 2463 Wh dan untuk beban puncak sendiri masih sama yaitu sebesar 362 Watt.

Perancangan Sistem PLTS

Sebelum memasuki penentuan spesifikasi alat pendukung sistem PLTS, perlu diketahui beberapa informasi umum perancangan, antara lain:

a. Sudut kemiringan modul surya (*tilt angle*)

Peletakan sudut kemiringan modul surya ini sangat penting karena bertujuan untuk mengoptimalkan produksi energi yang dihasilkan modul surya. Sesuai dengan ketentuan standar Australia AS 4509.2-2002 sudut kemiringan peletakan modul surya sama dengan derajat lintang lokasi (Desa Kuala Lala). Karena derajat lintang Desa 0,5 lintang selatan maka *tilt angle* mestinya 0,5°. Karena posisi ini terlalu datar sehingga tidak memaksimalkan pembersihan oleh air hujan. Sesuai dengan rekomendasi dari AS 4509-2002 akan digunakan sudut kemiringan modul surya (*tilt angle*) sebesar 10°.



Sudut kemiringan modul surya (*tilt angle*)

(Sumber: <http://www.pvsolarchina.com/wp-content/uploads/2010/12/How-to-Install-the-Solar-Panel-Safely.jpg>)

b. Efisiensi inverter rata-rata (ζ_{inv})

Efisiensi inverter rata-rata pada tugas akhir ini adalah 85%

c. Design load energy (E_{tot})

Design load energy adalah konsumsi energi rata-rata per hari pada rumah tangga. Energi rata-rata per hari disimbolkan dengan E_{tot} .

$$E_{tot} = E / \zeta_{inv}$$

Di mana:

E_{tot} = Energi rata-rata per hari yang diperlukan (Wh)

E = Konsumsi beban perhari (Wh)

ζ_{inv} = Efisiensi inverter rata-rata

maka:

$$E_{tot} = 2463 \text{ Wh} / 85\%$$

$$E_{tot} = 2897,6 \text{ Wh}$$

d. Daya maksimum pada line DC

Sebagaimana sudah diketahui diatas daya maksimum pada perancangan PLTS adalah sebagai berikut:

$$W_{dc} = \frac{\text{Total contribution to maximum demand} \times 0,8}{85\%}$$

$$\frac{343,6 \text{ VA} \times 0,8}{85\%}$$

$$= 323,4 \text{ W}$$

nilai yang digunakan adalah beban puncak 362 Watt karena bertujuan untuk meningkatkan keamanan sistem dan dapat memilih spesifikasi inverter yang sesuai untuk sistem PLTS.

e. Tegangan operasi DC

Tegangan operasi DC adalah tegangan yang melewati line DC yang nilainya sama dengan tegangan baterai. Menurut standar Australia AS 4509.2-2002, penentuan tegangan operasi

DC di tentukan oleh perancang dimana tegangan operasi DC akan digunakan pada skripsi ini adalah 12 Volt.

f. Perkiraan arus DC pada beban maksimum

Perkiraan arus DC pada beban maksimum adalah di mana beban puncak berbanding terbalik dengan tegangan operasi DC.

$$I = \frac{362 \text{ W}}{12 \text{ V}} = 30,2 \text{ A}$$

g. Bulan desain

Bulan desain yang digunakan pada tugas akhir ini adalah bulan yang mendapatkan intensitas cahaya matahari paling kecil. Dari data sebelumnya intensitas cahaya matahari yang paling kecil terdapat pada bulan Januari sebesar 4,2 kWh/m²/hari. Tujuan menggunakan bulan desain terendah adalah agar PLTS dapat memenuhi kebutuhan beban setiap saat sepanjang tahun. Kelemahan dari pilihan ini adalah biaya naik untuk modul dan baterai. Karena variasi di khatulistiwa kecil, jadi dengan memilih bulan terburuk diperkirakan tidak akan menambah biaya investasi secara signifikan.

Setelah informasi umum di atas diketahui, selanjutnya akan memasuki penentuan spesifikasi komponen sistem PLTS. Tentunya tujuan penentuan spesifikasi alat ini adalah supaya sistem PLTS mampu memasok energi yang dibutuhkan.

h. Ukuran dan spesifikasi inverter

Dalam penentuan spesifikasi inverter mempunyai beberapa istilah, antara lain:

- Inverter ½ h maximum demand, dengan simbol $S_{inv,30min}$ adalah daya nyata maksimum selama 30 menit disaat beberapa beban digunakan secara bersamaan. Pada tugas akhir ini nilai inverter ½ h maximum demand diambil dari nilai beban puncak adalah 362 Watt. Sebagai catatan menurut standar Australia AS 4509.2-2002 nilai $S_{inv,30min}$ diambil dari nilai

Total Contribution to max. Demand, berhubung nilai yang didapat lebih kecil dari beban puncak maka nilai yang dipakai adalah nilai dari beban puncak itu sendiri yaitu 362 Watt.

Inverter surge demand, dengan simbol $S_{inv,sur}$ adalah beban puncak sesaat yang biasanya selama 10 detik atau kurang (diukur dalam VA). Karena beban AC memiliki komponen induktif maka pada Tabel 4, surge demand diambil dari nilai total contribution to surge demand (design) yang dikalkulasikan sebesar 1415,2 VA.

Safety factor (SF), standar Australia AS 4509.2-2002 merekomendasikan safety factor sebesar 10%.

Dengan mempertimbangkan safety factor, maka dihitung kembali inverter ½ h maximum rating dan inverter surge rating yang diusulkan/direkomendasikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S_{inv,30min} \text{ (recommended)} &= (1 + SF) \times S_{inv,30min} \\ &= (1 + 10\%) \times 362 \text{ VA} \\ &= 398,2 \text{ Watt} \\ S_{inv,sur} \text{ (recommended)} &= (1+SF) \times S_{inv,sur} \\ &= (1+10\%) \times 1415,2 \text{ VA} \\ &= 1556,7 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Setelah $S_{inv,30min}$ dan $S_{inv,sur}$ yang direkomendasikan sudah diketahui maka inverter yang sesuai dan yang tersedia dipasaran dapat dilihat pada Tabel 5:

Data spesifikasi inverter

Manufacture	Ket.
Range input current	30 A
Tegangan input	12 VDC
Tegangan output	220 VAC
Daya output	900 Watt
Efisiensi maksimum	90%
Daya output pada suhu lingkungan 25 °C	
Daya maksimum kontinyu	Maximum surge rating
	900 Watt
	1800 Watt

Number: <http://www.adaptelec.com/powerbright-pw90012-12v-dc-to-120v-ac-power-inverter-900-watt-capacity-p-68.html>

i. Ukuran dan spesifikasi baterai

Baterai pada sistem PLTS ini merupakan sebuah komponen yang menyimpan arus listrik DC yang berasal dari modul surya melalui *battery charger controller* (BCR). Kemudian arus listrik DC di alirkan ke *inverter* untuk dikonversikan menjadi arus AC guna menyuplai energi ke beban AC.

Ukuran dan spesifikasi baterai harus mampu melayani beban dalam waktu yang sudah di tentukan (waktu otonomi). Untuk itu diperlukan perhitungan untuk menentukan ukuran dan spesifikasi baterai. berikut ini adalah tahapan yang akan dilalui dalam menentukan ukuran dan spesifikasi baterai:

- Design load energy (E_{tot})

Design load energy adalah total energi harian yang dihasilkan oleh system dan energi yang dihasilkan dapat direferensikan pada d.c bus yaitu 2897,6 Wh.

- Design load Ah (Ah)

Satuan energi (dalam Wh) dikonversikan menjadi Ah yang sesuai dengan satuan kapasitas baterai. Besarnya beban yang harus dilayani oleh baterai adalah sebagai berikut:

$$Ah = \frac{E_{tot}}{\text{Tegangan operasi DC}}$$

$$Ah = \frac{2897,6 \text{ Wh}}{12 \text{ VDC}}$$

$$Ah = 241,5 \text{ Ah}$$

- Waktu otonomi

Waktu otonomi disimbolkan dengan T_{aur} , adalah waktu yang diperlukan oleh sistem untuk melayani beban tanpa masukan energi dari modul surya dan tanpa melalui DoD maximum baterai. Menurut standar Australia AS 4509.2-2002, bahwa penentuan waktu otonomi diserahkan kepada perancang/*designer* sistem. Semakin lama waktu otonomi yang ditentukan maka semakin besar pula kapasitas baterai yang diperlukan dan

semakin besar biaya yang dibutuhkan, dan sebaliknya. Dalam perancang sistem PLTS, digunakan waktu otonomi selama 2 hari. Artinya, sistem PLTS akan dapat melayani beban selama dua hari ketika intensitas cahaya matahari tidak cukup untuk dikonversikan pada modul surya untuk menjadi energi listrik misalnya, pada musim hujan dimana kemungkinan pada siang hari langit tertutup oleh mendung.

Maximum depth of discharge (DoD)

Maximum depth of discharge (DoD) di simbolkan dengan DoD_{max} , adalah besarnya muatan yang ditarik (*discharge*) ketika baterai terisi penuh pada kecepatan *discharge* yang dipilih. Secara umum DoD dinyatakan dalam bentuk persentase dari kapasitas baterai, misalnya; penarikan 20 Ah dari baterai yang memiliki kapasitas 100Ah menghasilkan *discharge* 20%. Pada tugas akhir ini DoD_{max} yang dipilih sebesar 80%, artinya sistem mengizinkan baterai untuk dikosongkan hingga menyisakan 20% muatan didalam baterai. Jika kondisi itu terjadi, maka baterai tidak akan melayani beban sebelum di isi muatan kembali.

Nominal battery discharge rate

Nominal battery discharge rate disimbolkan dengan C_x , adalah nominal kecepatan *discharge* baterai yang disesuaikan dengan waktu otonomi. Sebagai catatan bahwa daya output dari baterai dapat menjadi faktor pembatas dalam menentukan ukuran baterai. Pada skripsi ini sistem PLTS memiliki waktu otonomi selama 2 hari. Dengan melihat waktu otonomi dan ukuran baterai yang ada dipasaran maka nominal battery discharge rate adalah sebesar 20 jam, di simbolkan dengan C_{20} .

Temperatur rata-rata harian minimum

Kapasitas muatan baterai dipengaruhi oleh suhu elektrolit, umumnya menurun dengan penurunan suhu.

Variasi suhu dalam sel baterai lebih lambat dari pada suhu udara ruangan. Oleh karena itu kapasitas baterai harus berdasarkan suhu udara minimum rata-rata harian pada Desa Kuala Lala Kec. Sungai Lala yaitu 32°C (<http://www.forum.bebas.com/thread-112710.html>).

- Faktor koreksi temperatur
- Faktor koreksi temperatur menurut standar Australia AS 4509.2-2002 adalah sebesar 98% untuk baterai asam timbal yang discharge rate nya sebesar 100 jam (C_{100}) dan 20 jam (C_{20}).
- Kapasitas baterai yang dibutuhkan

Setelah design load Ah, waktu otonomi, Maximum depth of discharge (DOD), dan temperature correction factor diketahui, maka kapasitas baterai yang dibutuhkan sebagai berikut:

$$C_{20} = \frac{Ah \times Tout}{DOD_{max} \times temperature \ correction \ factor}$$

$$= \frac{241,5 \text{ Ah} \times 2}{80\% \times 98\%}$$

$$= 616,1 \text{ Ah}$$

- Number of strings in parallel
- Number of strings in parallel adalah jumlah percabangan baterai yang dihubungkan secara paralel. Untuk menentukan jumlah percabangan baterai yang dihubungkan secara paralel perlu diketahui spesifikasi baterai yang akan digunakan. Spesifikasi baterai yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 6.

Data spesifikasi Baterai

Manufacture	Ket.
Tegangan kerja	12 VDC
Kapasitas	102 Ah
Discharge rate	C_{20}

(Sumber: <http://www.trojanbattery.com/products/31-AGM12VOVerDrive.aspx>)

Setelah spesifikasi baterai ditentukan, maka untuk menentukan Number of strings in parallel dengan cara sebagai berikut:

$$NoSP = \frac{\text{kapasitas baterai yang dibutuhkan}}{\text{kapasitas (manufacture)}}$$

$$= \frac{616,1 \text{ Ah}}{102 \text{ Ah}}$$

$$= 6,04 \text{ H} \approx 6 \text{ Baterai}$$

- Number of cell/block in series
- Number of cell/block in series adalah jumlah baterai yang terhubung secara seri disetiap percabangan.

$$\text{Number of cell in series} = \frac{\text{Tegangan operasi}}{\text{tegangan baterai yang dipilih}}$$

$$= \frac{12 \text{ VDC}}{12 \text{ VDC}}$$

$$= 1$$

- Capacity of battery bank at nominal discharge rate
- Capacity of battery bank at nominal discharge rate adalah kapasitas baterai yang dihasilkan setelah perancangan.
- C_{10} (Design) = Kapasitas baterai x jumlah string parallel
- $= 102 \text{ Ah} \times 6$
- $= 612 \text{ Ah}$

- Day of autonomy for selected battery
- Waktu otonomi adalah jumlah hari yang dapat dilayani oleh baterai untuk mensuplai energi beban tanpa adanya energi dari PLTS.

$$d = \frac{DOD_{max} \times \text{capacity of battery} \times \text{temperature correction factor}}{\text{design load Ah for battery sizing}}$$

$$= \frac{80\% \times 612 \text{ Ah} \times 98\%}{241,5 \text{ Ah}}$$

$$= 1,98 \text{ H} \approx 2 \text{ hari}$$

Nominal daily DoD

Nominal daily DoD disimbolkan dengan DoD_d , adalah besarnya discharge rata-rata harian dari baterai.

$$DoD_d = \frac{Design\ load\ Ah}{Capacity\ of\ battery\ (Design)}$$

$$= \frac{241,5\ Ah}{612}$$

$$= 0,39 = 39\%$$

j. Ukuran dan spesifikasi modul surya dan regulator

Setelah spesifikasi inverter, dan baterai diketahui selanjutnya akan ditentukan spesifikasi modul surya. Tujuan penentuan spesifikasi modul surya adalah supaya nantinya modul surya mampu mengisi energi ke baterai yang nantinya bisa digunakan untuk disalurkan ke beban sesuai dengan waktu otonomi yang telah ditentukan.

Dalam menentukan spesifikasi modul surya perlu diketahui beberapa tahapan, antara lain:

- Koefisien kelebihan beban (*Oversupply co-efficiency*)

Oversupply co-efficiency disimbolkan dengan f_o , adalah sebuah nilai yang sudah ditetapkan yang digunakan dalam perancangan sehingga nantinya menentukan berapa banyak modul surya yang digunakan. Adanya ketetapan tersebut juga bersangkutan dengan besar output sistem PLTS yang bervariasi sehingga kemungkinan beban lebih besar dari output yang dihasilkan. Untuk sistem PLTS, AS 4509.2-2002 menyarankan nilai f_o antara 1,3 hingga 2. Pada tugas akhir ini nilai f_o yang digunakan adalah 1.5.

- Nominal battery efficiency

Nominal battery efficiency disimbolkan dengan ζ_{coul} , adalah nilai energi yang terdapat pada baterai (atau efisiensi Watt-jam). Dalam AS 4509.2-2002 efisiensi baterai berkisar

antara 90% hingga 95% untuk baterai *lead acid*. Pada tugas akhir ini akan menggunakan efisiensi baterai sebesar 90%.

Penentuan spesifikasi modul surya (*Selected module*)

Pada tugas akhir ini akan menggunakan modul surya dengan spesifikasi yang dapat dilihat pada Tabel 7.

Data spesifikasi modul surya

Manufacture	Ket.
Daya modul maksimum (P_{sc})	210 Wp
Tegangan modul maksimum	18,30 VDC
Arus hubungan singkat modul (I_{sc})	12,11 A
Arus modul pada 14 V pada suhu operasi (I_{PV})	11,48 A
(Dalam hal ini digunakan nilai arus maksimum karena variasi temperature ambient di Indonesia kecil)	
Toleransi pabrik terhadap daya output	10%
Derating factor karena debu (f_{dm})	95%

(Sumber: http://sunelec.com/index.php?main_page=product_info&cPath=5&products_id=377)

Irradiation on tilted plane

Irradiation on tilted plane disimbolkan dengan H_{tilt} , adalah nilai intensitas cahaya matahari yang jatuh pada bidang modul dengan kemiringan tilt angle. Penting pada kawasan utara dan selatan Indonesia, maka digunakan radiasi pada bidang horizontal, yaitu bulan Januari sebesar 4,2 kWh/m²/day. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, tujuan menggunakan intensitas cahaya matahari pada bulan tersebut adalah supaya nantinya sistem PLTS mampu menyuplai energi setiap saat.

Required array output

Required array output adalah besar daya output yang perlu dihasilkan pada modul surya (dalam satuan Ah).

$$\begin{aligned} \text{Required array output} &= \frac{\text{Design load Ah}}{\text{nominal battery efficiency}} \\ &= \frac{241,5 \text{ Ah}}{90\%} \\ &= 268,3 \text{ Ah} \end{aligned}$$

- Daily charge output per module

Daily charge output per module adalah daya yang dihasilkan sebuah modul dalam satu hari (dalam Ah).

$$\begin{aligned} \text{DCO per module} &= (1 - \text{toleransi pabrik}) \times I_{TV} \times f_{\text{dirt}} \times H_{\text{tite}} \\ &= (1 - 10\%) \times 11,48 \text{ A} \times 95\% \times 4,2 \\ &= 41,2 \text{ Ah} \end{aligned}$$

- Number of parallel strings required

Number of parallel strings required adalah jumlah cabang modul surya yang dihubungkan secara paralel.

$$\begin{aligned} \text{NoPSR} &= \frac{\text{required array output} \times f_o}{\text{daily charge output per module}} \\ &= \frac{268,3 \text{ Ah} \times 1,5}{41,2 \text{ Ah}} \\ &= 9,7 \text{ modul surya} \end{aligned}$$

- Number of parallel string used

Number of parallel string used adalah jumlah actual modul surya yang dipakai dan ini ditentukan oleh designer. Sebelumnya sudah didapatkan jumlah modul surya yang akan dipakai yaitu 9,7 modul sehingga dibulatkan menjadi 10 modul.

- Number of series modules per string

Number of series modules per string disimbolkan dengan N_s , adalah jumlah modul surya yang dihubungkan secara seri di setiap cabang.

$$\begin{aligned} N_p &= \frac{\text{tegangan operasi}}{\text{nominal modules voltage}} \\ &= \frac{12 \text{ VDC}}{12 \text{ VDC}} = 1 \end{aligned}$$

Total number of modules in array

Total number of modules in array disimbolkan dengan N_t , adalah total modul surya yang digunakan dalam sistem PLTS.

$$\begin{aligned} N &= N_p \times N_s \\ &= 10 \times 1 = 10 \text{ modul surya} \end{aligned}$$

h. Ukuran dan spesifikasi Battery charge regulator (BCR)

BCR berfungsi sebagai pengontrol pengisian/charge baterai atau bisa dikatakan sebagai sistem proteksi bagi baterai yang bertujuan untuk menghindari baterai dari kerusakan karena tidak stabilnya arus yang masuk. Dalam menentukan spesifikasi BCR harus mengikuti beberapa tahapan, antara lain:

20 h rate capacity of selected cell/block

20 h rate capacity of selected cell/block adalah kapasitas yang tertera pada manufacture baterai. Pada pemilihan spesifikasi baterai sebelumnya kapasitas yang dipilih adalah 102 Ah.

20 h rate capacity of battery bank

20 h rate capacity of battery bank disimbolkan dengan C_{20} adalah total kapasitas baterai yang digunakan dalam sistem PLTS. Pada penentuan spesifikasi baterai sebelumnya bahwa total kapasitas baterai sudah diketahui yaitu pada Capacity of battery (Design) sebesar 612 Ah.

20 h charge rate for battery bank

20 h charge rate for battery bank disimbolkan dengan I_{20} adalah arus maksimum yang harus dihasilkan oleh battery charge regulator (satuan dalam A).

$$I_{20} = \frac{20 \text{ h rate capacity for battery bank}}{20}$$

$$I_{20} = \frac{612 \text{ Ah}}{20}$$

$$I_{20} = 30,6 \text{ A}$$

- Max. charge voltage at typical max. output current (V_{bc})
 V_{bc} adalah tegangan normal maksimum charge dari baterai charge regulator pada arus maksimum. Melihat dari data spesifikasi BCR yang ada dipasaran, maka pada tugas akhir ini menggunakan BCR dengan recommended max. charging current sebesar 40 A.

Data spesifikasi BCR

Manufacture	Ket.
Output current (I_{bc})	40 A
Nominal Charger efficiency (η_{bc})	80%
Output voltage :	
Charge	14,2 - 15,5 Vdc
Float	13,4 - 13,8 Vdc
Equalize	16 Vdc

(Sumber: http://www.xantrex.com/documents/Battery-Chargers/TRUECHARGE-2/DS20090916_TRUECHARGE2_12-volt_20_40_60.pdf)

- Dengan melihat data spesifikasi pada Tabel 8 maka dapat ditentukan nilai dari Max. charge voltage at typical max. output current (V_{bc}) adalah sebagai berikut:

$$V_{bc} = \text{typically voltage per cell} \times \text{number of cell in series} = 13,8 \text{ Volt} \times 1$$

$$= 13,8 \text{ Volt}$$

- Battery charge max. apparent power (S_{bc})
 Battery charge max. apparent power adalah daya nyata maximum yang dikonsumsi oleh baterai charger pada kondisi

saat arus output maksimum dan tegangan pengisian normal maksimum (dalam VA). Untuk menghitung S_{bc} perlu diketahui nominal power faktor (pf_{bc}) BCR. Karena pada literature yang ada tidak dijumpai maka power faktor diasumsikan sebesar 0,8.

$$S_{bc} = \frac{I_{bc} \times V_{bc}}{\eta_{bc} \times pf_{bc} \times 1000}$$

$$= \frac{40 \text{ A} \times 13,8 \text{ Volt}}{80\% \times 0,8 \times 1000}$$

$$= 0,9 \text{ VA}$$

Setelah melakukan perhitungan untuk menentukan spesifikasi komponen PLTS, maka ringkasan spesifikasi komponen PLTS yang akan digunakan, dapat dilihat pada Tabel 9.

Ringkasan spesifikasi komponen PLTS

Jenis	Spesifikasi	
Inverter	Range input current	30 A
	Tegangan input	12 VDC
	Tegangan output	220 VAC
	Daya output	900 Watt
	Efisiensi maksimum	90%
	Daya maksimum kontinyu	900 Watt
Battery bank	Maximum surge rating	1800 Watt
	Tegangan kerja	12 VDC
	Kapasitas	612 Ah
	Discharge rate	C_{20}
Modul surya	Daya modul maksimum (P_{sc})	210 Wp
	Tegangan modul maksimum	18,30 VDC
	Arus maksimum modul	11,48 A
	Toleransi pabrik terhadap daya output	10%
	Arus hubungan singkat modul (I_{sc})	12,11 A
	Deracting factor (f_{der})	95%
BCR	Output current (I_{bc})	40 A
	Nominal charge efficiency (η_{bc})	80%
	Output voltage :	
	Charge	14,2-15,5 Vdc
	Float	13,4-13,8 Vdc
	Equalize	16 Vdc

Biaya sistem PLTS akan dihitung selama umur investasi yang diperkirakan yaitu 20 tahun. Umur investasi ini dipilih berdasarkan umur rata-rata modul surya yang ada dipasaran yaitu sekitar 25 tahun (<http://blog.rayvel.co.cc/my-task/?p=27>). Biaya-biaya yang dikalkulasikan pada bagian ini menggunakan metode *life cycle cost* yang memasukkan semua komponen biaya dari awal hingga akhir masa operasi sistem. Inflasi yang digunakan adalah 5,3% per tahun (<http://economy.okezone.com/read/2011/02/18/20/426057/target-inflasi-bisa-tercapai-asal-inflasi-inti-bisa-ditekan-3>).

a. Biaya investasi awal

Biaya-biaya investasi awal dikalkulasikan sebagai berikut:

- Biaya komponen PLTS

Setelah diketahui spesifikasi komponen pada sistem PLTS, selanjutnya akan ditentukan harga masing-masing komponen tersebut. Untuk mengetahui harga masing-masing komponen dapat dilihat pada Tabel 10.

Daftar harga komponen-komponen PLTS

Komponen	Harga /unit	Jumlah	Harga
Inverter (sumber : http://www.adaptelec.com/powerbright-pw90012-12v-dc-to-120v-ac-power-inverter-900-watt-capacity-p-68.html)	Rp. 750.000	1	Rp. 750.000
Baterai (Sumber : http://www.atbatt.com/product/3617.asp)	Rp. 1.900.000	6	Rp. 11.400.000
BCR (Sumber : http://www.bursaenergi.com/new-bcr-digital-12v-10a-p140.html)	Rp. 600.000	1	Rp. 600.000
Modul surya (sumber : http://sunelec.com/index.php?main_page=product_info&path=5&products_id=577)	Rp. 3.500.000	10	Rp. 35.000.000
Kabel, protektisi, meter, panel, box panel	-	-	Rp. 1.000.000
Tiang dan siku penyangga modul surya (sumber : http://bursaenergi.com/solar-light-system-a10.html)	Rp. 150.000	10	Rp. 1.500.000
Total harga			Rp. 50.250.000

Sebagai catatan bahwa biaya di atas tidak termasuk biaya pengiriman barang dan instalasi PLTS.

Biaya instalasi listrik

Berdasarkan wawancara dengan salah satu biro instalasi listrik di Kec. Sungai Lala biaya per titik untuk tahun 2011 sebesar Rp. 120.000. sehingga biaya instalasi listrik dapat dikalkulasikan sebagai berikut:

Biaya instalasi listrik

komponen	jumlah	harga
Fitting lampu	7 titik	Rp. 840.000
Stop kontak	4 titik	Rp. 480.000
Total biaya		Rp. 1.320.000

Sehingga total biaya untuk investasi awal adalah sebagai berikut:

Total biaya investasi awal

Jenis	harga
Total biaya komponen PLTS	Rp. 52.150.000
Total biaya instalasi listrik	Rp. 1.320.000
Total biaya	Rp. 51.570.000

a. Biaya operasional (*operational cost*)

Biaya operasional dapat diabaikan karena untuk setiap harinya tidak memerlukan biaya agar bisa beroperasi. Dan ini merupakan salah satu keuntungan utama sistem PLTS dibandingkan dengan sistem pembangkit konvensional seperti PLN dan generator diesel yang memerlukan biaya operasional tinggi.

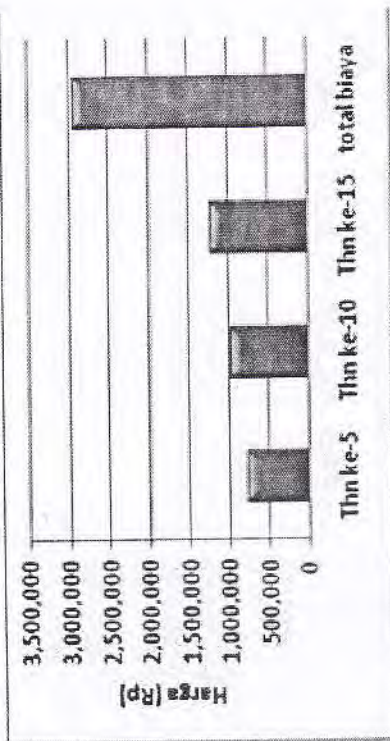
b. Biaya perbaikan (*maintenance cost*)

Biaya perbaikan pada PLTS diperlukan karena beberapa komponen seperti BCR, Baterai, dan inverter memiliki usia

operasi lebih pendek dari pada usia operasi modul surya. Maka diperlukan penggantian komponen-komponen tersebut berdasarkan usia rata-rata.

- BCR

Harga BCR tahun sekarang = Rp. 600.000, Inflasi per tahun = 5,3%, penggantian BCR = 5 tahun sekali

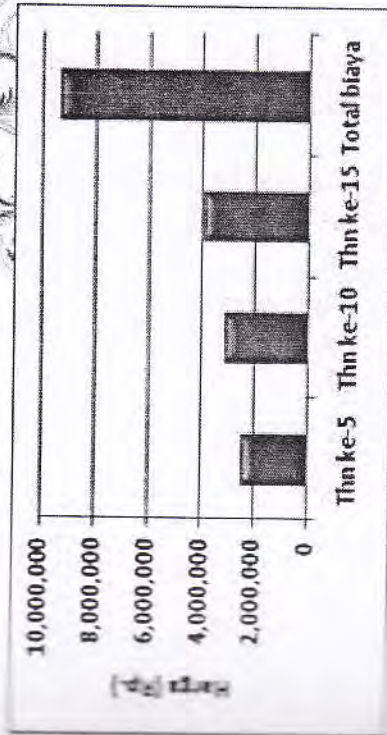


Biaya penggantian BCR selama umur investasi

Dari Gambar 26 total biaya penggantian BCR selama umur investasi adalah Rp. 2.935.500.

- Baterai

Harga baterai per unit tahun sekarang = Rp. 1.900.000, inflasi per tahun = 5,3%, penggantian baterai = 5 tahun sekali.

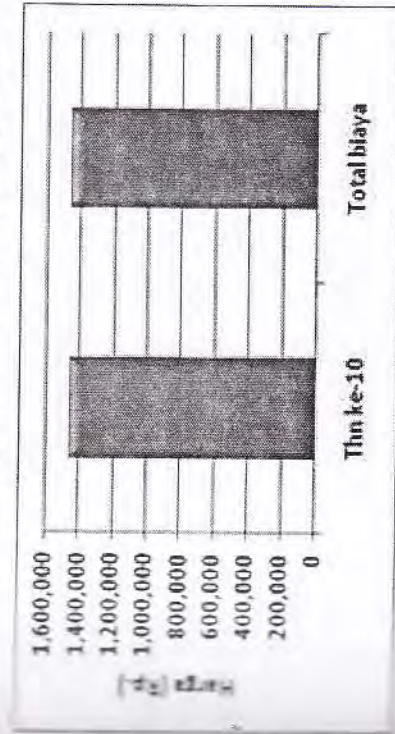


Biaya penggantian baterai selama umur investasi

Dari Gambar 27 biaya penggantian baterai per unit selama umur investasi adalah Rp. 9.290.000. Karena total baterai yang digunakan 6 buah, maka total biaya penggantian baterai selama umur investasi adalah Rp. 55.740.000

Inverter

Harga inverter tahun sekarang = Rp. 950.000, inflasi per tahun = 5,3%, Penggantian inverter = 10 tahun sekali



Biaya penggantian inverter selama umur investasi

Dari Gambar 27 dapat dilihat bahwa total biaya penggantian inverter selama umur investasi adalah Rp. 1.453.500.

Sebagai catatan untuk biaya perawatan modul surya tidak dikalkulasikan karena umur modul surya sama dengan umur investasi yaitu 20 tahun. Dengan didapatnya biaya perawatan masing-masing komponen PLTS maka total biaya perawatan dapat dilihat pada Tabel 13.

Total biaya penggantian komponen PLTS

Komponen	Biaya
BCR	Rp. 2.935.500
Baterai	Rp. 55.740.00
Inverter	Rp. 1.453.500
Total biaya	Rp. 60.128.500

a. Total biaya selama umur investasi

Dengan diketahuinya biaya investasi awal, biaya operasional, dan biaya perawatan maka didapat total biaya yang dikeluarkan selama umur investasi dapat dilihat pada Tabel 14.

Total biaya sistem PLTS selama umur investasi

Jenis	biaya
Total biaya investasi awal	Rp. 53.470.000
Total biaya operasional	Rp. 0
Total biaya perbaikan	Rp. 60.128.500
Total biaya	Rp. 113.598.500

Perancangan Biogas Digestor

Dalam perancangan biogas digestor perlu diketahui tahapan-tahapan kerja dalam perancangan, sehingga nantinya menghasilkan

Desain Mandiri Energi Menggunakan Tenaga Surya ...
 Tahapan sesuai yang diharapkan. Tahapan-tahapan kerja tersebut dirangkai sebagai berikut:

Studi beban

Studi beban dalam perancangan sistem biogas digester akan dilihat dari berapa lama rata-rata warga memasak dalam satu hari. Dalam tugas akhir ini akan diambil sampel sebanyak 8 kepala keluarga pada Desa Kuala Lala. Dari hasil survey yang dilakukan didapat data seperti Tabel 15 dibawah ini:

Data lamanya memasak per KK Desa Kuala Lala

Sampel	Lama waktu memasak
Sampel_1	2 jam
Sampel_2	2 jam
Sampel_3	2 jam
Sampel_4	2,5 jam
Sampel_5	3 jam
Sampel_6	1,5 jam
Sampel_7	2 jam
Sampel_8	2 jam
Rata-rata waktu memasak per hari	2,12 jam

Perancangan biogas digester

Sebelum membangun digester biogas perlu diketahui beberapa tahapan perancangan, antara lain sebagai berikut:

6. Jenis ternak

Jenis ternak rata-rata pada Desa Kuala Lala Kec. Sungai Lata- INHU adalah sapi.



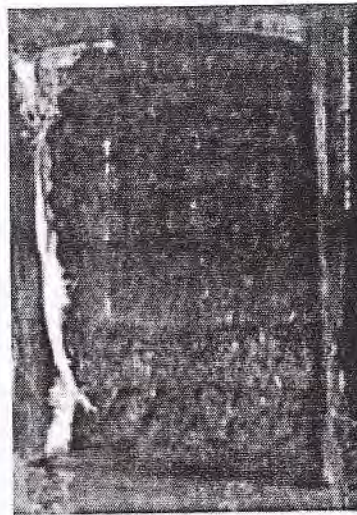
Sapi di Desa Kuala Lala

b. Number of Animal/Banyaknya ternak per keluarga (n)

Pada tugas akhir ini akan melihat ternak nominal dalam arti jumlah ternak yang paling sedikit per KK. Dari survey yang dilakukan maka jumlah sapi rata-rata yang dipelihara setiap KK warga Desa Kuala Lala adalah 2 ekor sapi.

c. Animal excrement/komposisi kotoran

Komposisi kotoran sapi terdiri dari 87% kandungan cair dan 13% kandungan padat. Rata-rata kotoran sapi yang dihasilkan dalam satu hari adalah 35 Kg (30,5 Kg kandungan cair dan 4,5 Kg kandungan padat) (Twidell and Weir, 2006).



Kotoran sapi

d. Retention time (t_r)

Retention time adalah lamanya kotoran sapi berada didalam digester. Waktu penyimpanan kotoran sapi didalam digester adalah 20 hari (Twidell and Weir, 2006).

e. Digester sizing

Untuk memperoleh digester sizing perlu melewati beberapa tahapan perhitungan, antara lain sebagai berikut:

Total massa kandungan padat (m_p) pada kotoran sapi dalam satu hari

$$m_p = \text{kandungan padatan} \times n$$

$$= 4,5 \text{ Kg} \times 2$$

$$= 9 \text{ Kg}$$

Fluid Volume (V_f)

Fluid volume adalah total fluida yang masuk ke digester dalam satu hari.

$$V_f = \frac{m_o}{50 \text{ Kg/m}^3}$$

$$= \frac{9 \text{ Kg}}{50 \text{ Kg/m}^3}$$

$$= 0,18 \text{ m}^3$$

Sebagai catatan nilai 50 Kg/m³ adalah masa jenis fluida yang masuk ke digester (Twidell and Weir, 2006). Secara umum perbandingan komposisi antara bahan kering dengan air adalah 1: 4 (<http://www.kamase.org/cara-mudah-membuat-digester-biogas/>)

Volume digester biogas

Volume digester biogas adalah kapasitas digester yang dibutuhkan.

$$V_d = V_f \times t_r$$

$$= 0,18 \text{ m}^3 \times 20$$

$$= 3,6 \text{ m}^3 = 4 \text{ m}^3$$

Volume of biogas (V_b)

Volume of biogas adalah total gas metan yang dihasilkan dari digester biogas dalam satu hari.

$$\begin{aligned} V_b &= 0,24 \text{ m}^3/\text{Kg} \times m_0 \\ &= 0,24 \text{ m}^3/\text{Kg} \times 9 \text{ Kg} \\ &= 2,16 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Sebagai catatan bahwa biogas yang dihasilkan per kilogram kotoran sapi berkisar antara range 0,2 m³/Kg sampai dengan 0,4 m³/Kg (Twidell and Weir, 2006). Pada tugas akhir ini akan memakai nilai 0,24 m³/Kg (Twidell and Weir, 2006).

Setelah perancangan digester biogas selesai, selanjutnya akan ditentukan volume digester kontrol. Perbandingan volume digester kontrol dan digester biogas adalah 1: 2 (Ginting, 2008). Sehingga untuk kapasitas digester kontrol sebesar 2 m³.



Model digester yang akan dibangun

Untuk mengetahui berapa lama memasak dengan biogas yang dihasilkan maka perlu diketahui berapa liter minyak tanah terganti dengan biogas yang dihasilkan. Untuk

melakukannya perlu diketahui nilai kalori antara minyak tanah dan biogas. Biogas memiliki nilai kalori sebesar 0,02 MJ/liter dan minyak tanah memiliki nilai kalori sebesar 37 MJ/liter (<http://www.kamase.org/cara-mudah-membuat-digester-biogas/>).

$$\begin{aligned} \text{Minyak tanah terganti} &= \frac{V_b \times \text{nilai kalori biogas}}{\text{nilai kalori minyak tanah}} \\ &= \frac{2700 \text{ liter} \times 0,02 \text{ MJ/liter}}{37 \text{ MJ/liter}} \\ &= 1,2 \text{ liter} \end{aligned}$$

Dari hasil wawancara dengan warga Desa Kuala Lala dengan 5 liter minyak tanah mereka dapat memasak selama satu minggu. Ini berarti dalam satu hari warga menghabiskan minyak tanah rata-rata sebanyak 0,7 liter. Dengan demikian dapat ditarik kesimpulan dengan rata-rata lama memasak sebesar 2,12 jam per hari, maka disain biogas yang dirancang diatas dapat memenuhi kebutuhan memasak warga Desa Kuala Lala.

Beberapa hal yang perlu diketahui setelah pembangunan biogas digester selesai, antara lain sebagai berikut:

a. Cara pengoperasian biogas digester

- Membuat bahan biogas yang terdiri dari campuran kotoran padat sapi dan air dengan perbandingan 1 : 4.
- Memasukkan bahan biogas kedalam digester melalui lubang pengisian (inlet) sampai bahan biogas keluar pada lubang keluaran (outlet) yang berarti pengisian sudah cukup dan meyakinkan udara tidak masuk kedalam digester.
- Menambahkan sedikit urine sapi sebagai starter untuk membantu mempercepat pembentukan bakteri pembusuk.
- Mengaduk bahan biogas setiap hari sambil menunggu gas yang diproduksi terakumulasi pada ruang kosong antara permukaan bahan biogas dengan tutupan dome.

- Setelah 4 hari produksi biogas biasanya cukup banyak sehingga menghasilkan tekanan didalam digester supaya dapat dialirkan melalui pipa dan digunakan untuk memasak.
 - Melakukan pengisian dan mengaduk bahan biogas setiap hari.
- b. Cara pengoperasian kompor biogas

Pengoperasian kompor biogas sama dengan kompor gas elpiji. Satu hal yang membuat berbeda bahwa kompor biogas tidak dapat menyala dengan percikan api, tetapi penyalaan harus menggunakan nyala api dengan syarat kran gas dibuka terlebih dahulu.

c. Pemeliharaan dan perawatan digester biogas

- Melindungi digester dari kerusakan fisik misalnya dengan cara memagar, dan melindungi dari masuknya air kedalam digester misalnya memberi atap (Deptan, 2011).
- Apabila belum ada pengaduk otomatis, aduk bahan biogas melalui inlet menggunakan kayu atau bambu supaya terjadi penguraian sempurna dan gas yang terbentuk dibagian bawah naik keatas.

Biaya sistem biogas digester

Biaya sistem biogas digester akan dihitung sampai batas umur investasi yaitu diperkirakan selama 20 tahun. Biaya-biaya yang perlu dikalkulasikan selama umur investasi adalah sebagai berikut:

- a. Biaya investasi awal
- Biaya-biaya investasi awal yang perlu dikalkulasikan sebagai berikut:
- Biaya bahan baku

Daftar material dan harga didapat dari beberapa sumber yaitu dari wawancara dengan tukang, video panduan pembuatan biogas dari Ir. Nurzainah Ginting, MSc tahun 2008, dan beberapa situs internet seperti (sfiles.biru.or.id/contentfiles/1279108490.pdf), dan lain-lain.

Daftar harga material biogas digester

Material	Kebutuhan material	Harga satuan	Harga
Batu bata	1200 buah	600	Rp. 720.000
Pasir	5 m ³	25.000	Rp. 125.000
Batu krikil	1/2 m ³	70.000	Rp. 35.000
Semen	30 sak	55.000	Rp.1.650.000
Pipa Besi 1/2 inch	1 batang	125.000	Rp. 125.000
Pipa paralon 4,4 inch	1 batang	110.000	Rp. 110.000
Kran gas / Valve	2 buah	35.000	Rp. 70.000
Pipa T	1 buah	5.000	Rp. 5.000
Selang gas	10 meter	7.000	Rp. 70.000
Kompor gas	1 buah	450.000	Rp. 450.000
Total biaya			Rp. 3.360.000

Biaya tukang

Dari hasil wawancara dengan tukang, mereka mampu menyelesaikan digester biogas dengan ukuran 4 m³ dan digester kontrol dengan ukuran 2 m³ selama satu minggu. Untuk satu hari tukang meminta dibayar sebesar Rp. 150.000 sudah termasuk dengan upah anak buahnya sebanyak satu orang. Jadi total biaya tukang selama satu minggu sebesar Rp. 1.050.000.

Total biaya investasi awal

Pada Tabel 16 dibawah ini memperlihatkan total biaya investasi awal pada pembangunan sistem biogas digester.

Total biaya investasi awal

Jenis	Biaya
Total biaya bahan baku	Rp. 3.360.000
Total biaya tukang	Rp. 1.050.000
Total biaya	Rp. 4.410.000

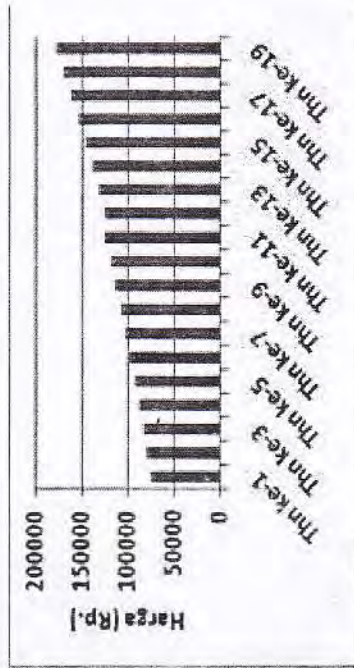
a. Biaya operasional

Biaya operasional dapat diabaikan karena untuk setiap harinya tidak memerlukan biaya agar bisa beroperasi.

b. Biaya perbaikan (maintenance cost)

- Selang gas

Harga selang gas 10 meter tahun sekarang = 70.000, inflasi per tahun = 5,3%, penggantian selang gas = 1 tahun sekali

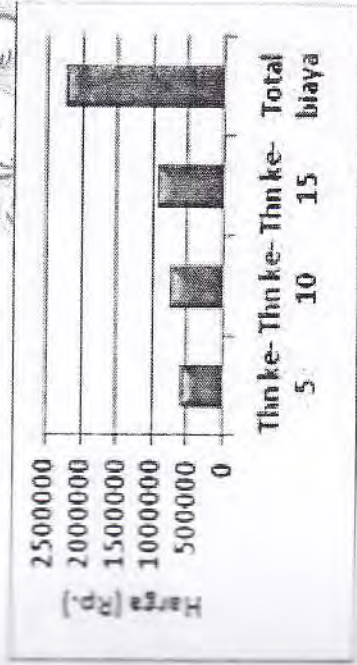


Biaya penggantian selang gas selama umur investasi

Dari Gambar 31 bila dikalkulasikan maka total biaya penggantian selang gas selama umur investasi adalah Rp. 2.261.180.

- Kompor gas

Harga kompor gas tahun sekarang = Rp. 450.000. inflasi per tahun = 5,3%, penggantian kompor gas = 5 tahun sekali



Biaya penggantian kompor gas selama umur investasi

Dari Gambar 32 total biaya penggantian kompor gas selama umur investasi adalah Rp. 2.200.000.

Setelah dua biaya diatas dikalkulasikan maka didapat total biaya perbaikan seperti Tabel 17 di bawah ini:

Total biaya perbaikan

Jenis	Biaya
Selang gas	Rp. 2.261.180
Kompor gas	Rp. 2.200.000
Total biaya	Rp. 4.461.180

Total biaya selama umur investasi

Dengan diketahuinya biaya investasi awal, biaya operasional, dan biaya perawatan maka didapat total biaya yang dikeluarkan selama umur investasi adalah sebagai berikut:

Total biaya biogas digester selama umur investasi

Jenis	Biaya
Total biaya investasi awal	Rp. 4.461.180
Total biaya operasional	Rp. 0
Total biaya perbaikan	Rp. 4.279.000
Total biaya	Rp. 8.740.180

Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi sistem PLTS

Analisa ekonomi pada sistem PLTS akan dilakukan dengan membandingkan biaya selama umur investasi antara sistem PLTS dengan PLN.

Beberapa asumsi yang digunakan pada analisa ekonomi adalah sebagai berikut:

- Desa Kuala Lala diasumsikan dimasuki jaringan listrik PLN.
- Tarif dasar listrik selama 20 tahun kedepan dianggap sama dengan TDL 2010.
- Subsidi listrik sebagai mana yang diberikan pemerintah pada rumah tangga saat ini diasumsikan tetap ada dengan besar yang sama dalam 20 tahun kedepan.
- Biaya eksternal dari penggunaan listrik yang dibangkitkan dari sumber energi fosil dianggap tidak akan dimasukkan kedalam TDL dalam 20 tahun kedepan.
- Biaya investasi dan operasional dari penggunaan listrik dan gas dari sumber energi terbarukan dianggap tidak akan diberi subsidi dalam 20 tahun kedepan.

Sebelum membandingkan biaya antara PLTS dengan PLN, maka terlebih dahulu mengikuti langkah-langkah sebagai berikut:

- Total biaya biaya selama umur investasi (20 tahun) pada sistem PLTS adalah Rp. 113.598.500.

b. Dengan asumsi jaringan PLN dibangun didesa itu, total biaya penggunaan Listrik PLN selama umur investasi (20 tahun) adalah sebagai berikut:

Biaya instalasi listrik

Biaya instalasi listrik sudah diketahui sebelumnya adalah Rp. 1.320.000

Biaya pemasangan kWh meter

Diasumsi kapasitas daya yang akan dipasang sebesar 900 VA dengan biaya Rp. 4.500.000,-.

Biaya beban per bulan

Biaya beban per bulan akan dihitung berdasarkan tarif dasar listrik (TDL) 2010 dimana untuk daya 900 VA biaya yang diberlakukan oleh pemerintah sebagai berikut; biaya beban per bulan Rp. 20.000, biaya pemakaian per kWh Rp. 605, biaya material Rp. 3.000 apabila biaya tagihan diantara Rp. 200.000 - Rp. 1000.000 (<http://www.ingateros.com/wp-content/uploads/2010/07/tarif-dasar-listrik-2010.pdf>), dan tarif penerangan jalan (PPJ) adalah 6% dari biaya rekening listrik (<http://www.antarariau.com/id/modul/10420/pemko-pekanbaru-bayar-tunggakan-listrik-rp.-2,6-miliar.html>). Energi yang dikonsumsi akan diambil dari Tabel 4 yaitu 2463 Wh per hari, apabila dikalkulasikan selama satu bulan maka total energi yang dikonsumsi sebesar 73,89 kWh. Sehingga dari data tersebut diperoleh biaya beban per bulan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Rekening} &= (73,89 \text{ kWh} \times \text{Rp. 605}) + \text{Rp. 20.000} \\ &= \text{Rp. 67.728} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} \text{Tagihan listrik} &= \text{Rp. 67.728} + (\text{Rp. 67.728} \times 6\%) \\ &= \text{Rp. 71.792} \end{aligned}$$

Apabila tagihan listrik dikalkulasikan selama 20 tahun maka total pembayaran beban adalah Rp. 17.230.000,-.

- Total biaya

Total biaya akan dikalkulasikan selama umur investasi pada sistem PLTS yaitu selama 20 tahun. Pada Tabel 120 dapat dilihat total biaya yang dikeluarkan untuk PLN selama umur investasi.

Total biaya listrik PLN selama 20 tahun

Jenis	Biaya
Biaya instalasi listrik	Rp. 1.320.000
Biaya pemasangan ampere meter	Rp. 4.500.000
Biaya Beban listrik selama 20 tahun	Rp. 17.230.000
Total biaya	Rp. 23.050.000

Dari data diatas maka biaya yang dikeluarkan untuk PLTS sebesar Rp. 113.598.500,- jauh lebih besar dari pada biaya yang dikeluarkan untuk listrik negara (PLN) yaitu Rp. 23.050.000,-. Dengan perbedaan yang signifikan maka sistem PLTS akan sulit untuk diterapkan pada daerah penelitian yaitu Desa Kuala Lala, Kec. Sungai Lala-INHU. Di bawah ini adalah beberapa alasan mengapa biaya PLTS lebih mahal dari pada biaya PLN.

a. Biaya PLN bersubsidi

Seperti yang sudah diketahui bersama bahwa listrik yang dipakai saat ini adalah listrik bersubsidi. Dampak negatif dari listrik bersubsidi ini adalah terjadinya pola hidup boros dalam penggunaan energi listrik. Hal ini dapat dilihat pada penelitian yang dilakukan bahwa rata-rata warga pada Desa Batu Gajah-INHU tidak menerapkan pola hemat energi karena menganggap tarif listrik masih murah.

Satu hal yang mengemukakan bahwa baru-baru ini pada tahun 2010 pemerintah merencanakan kenaikan tarif dasar listrik (TDL) sebesar 5,4% di tahun 2011, hal ini disebabkan karena subsidi yang diberikan pemerintah kepada rakyat semakin membengkak (<http://www.antaranews.com/berita/1288075086/dpr-tolak>).

rencana kenaikan-tid-2011). Hingga akhirnya kenaikan tidak jadi dilakukan karena banyak mendapat tekanan dari berbagai pihak. Dengan membengkaknya anggaran pemerintah untuk subsidi listrik, mau tidak mau pemerintah nantinya akan menaikkan tarif dasar listrik atau mencabut subsidi yang diberikan. Apabila terjadi pencabutan subsidi, maka berapa besar tarif listrik yang akan dibayar masyarakat kepada PLN? Dengan keadaan seperti itu pemerintah harus berfikir keras dan mulai melirik untuk menggunakan energi terbarukan seperti PLTS. Dan nantinya pemerintah harus berusaha supaya biaya yang dikeluarkan untuk sistem PLTS dapat bersaing dengan biaya yang dikeluarkan untuk PLN.

b. Biaya eksternal tidak dimasukkan

Biaya eksternal yang dimaksudkan adalah biaya yang dikeluarkan akibat dampak negatif dari penggunaan bahan bakar fosil seperti kesehatan dan perubahan iklim. Dalam kenyataan biaya eksternal ini tidak dikalkulasikan dalam perhitungan biaya yang dikeluarkan. Aplikasi dilapangan bahan bakar fosil banyak digunakan pada sektor-sektor industri yang salah satu nya adalah perusahaan listrik negara (PLN). Munculnya biaya eksternal dapat dilihat dari Gambar 33.

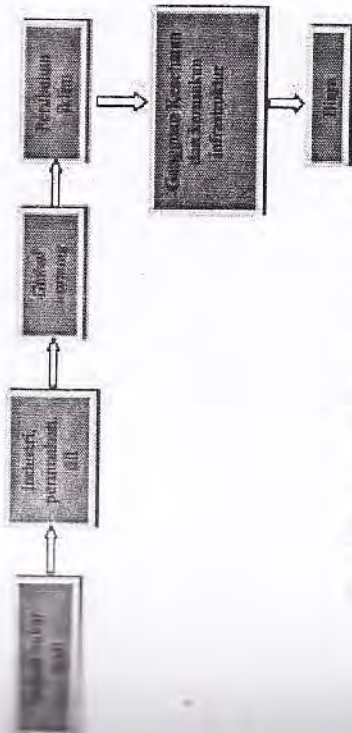


Diagram alur biaya eksternal

Gambar 33 bahan bakar fosil digunakan sebagai penggerak utama kegiatan industri. Dari industri menghasilkan gas buang dari pembakaran bahan bakar fosil berupa gas karbon yang tidak terkontrol, sehingga dari gas-gas buang dari industri yang tidak terkontrol dapat menyebabkan pemanasan global yang bisa membuat perubahan iklim yang sangat ekstrim seperti banjir, badai, dan kekabaran. Akibat dari perubahan iklim yang ekstrim akan berdampak pada kehidupan manusia mulai dari kesehatan seperti terganggunya pemapasan, alergi, jantung, dll (<http://www.andaka.com/pengaruh-pemanasan-global-terhadap-kesehatan.php>). Selain berdampak pada kesehatan manusia, perubahan iklim yang ekstrim bisa mengakibatkan kerusakan infrastruktur akibat dari badai dan banjir yang terjadi (<http://www.andaka.com/pengaruh-pemanasan-global-terhadap-kesehatan.php>). Kalau hal itu terjadi tentunya diperlukan biaya untuk menanggulangi hal tersebut.

Apabila biaya eksternal ini dikalkulasikan maka berapa besar biaya yang dikeluarkan dari dampak penggunaan bahan bakar fosil khususnya di industri-industri yang harus kita tanggung.

c. PLTS tidak disubsidi

Seperti sudah diberi tahu sebelumnya, apabila pemerintah mau melihat PLTS sebagai energi utama dalam sektor perumahan maka pemerintah harus berfikir keras bagai mana biaya yang dikeluarkan untuk PLTS dapat bersaing dengan biaya yang dikeluarkan untuk PLN.

Mahalnya PLTS dari pada PLN ini diakibatkan salah satunya adalah bahwa pemerintah tidak mensubsidi PLTS sedangkan biaya listrik dari PLN disubsidi. Hal inilah yang membuat sulitnya menerapkan teknologi PLTS di Indonesia.

Analisa ekonomi sistem biogas digester

Analisa ekonomi biogas digester akan dilakukan dengan membandingkan total biaya selama umur investasi antara biogas digester, gas elpiji PERTAMINA, dan minyak tanah.

a. Total biaya biogas digester selama umur investasi (20 tahun) adalah Rp. 8.740.180

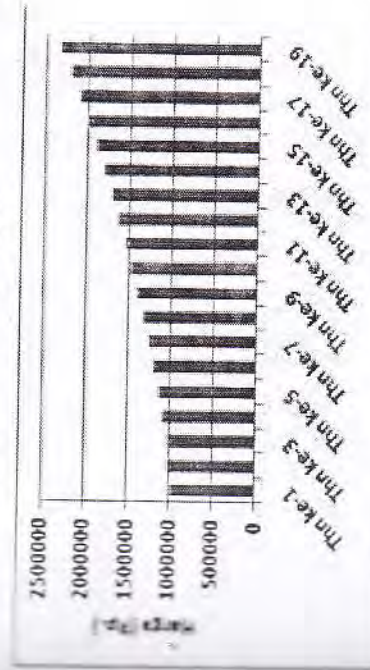
b. Total biaya penggunaan gas elpiji pertamina selama umur investasi (20 tahun). Sebelum mengkalkulasikan total biaya penggunaan gas elpiji selama umur investasi, perlu diketahui biaya-biaya seperti yang tertera dibawah ini:

Biaya kompor gas

Seperti diketahui sebelumnya total biaya kompor gas selama umur investasi adalah Rp. 2.200.000.

Biaya isi ulang gas elpiji selama umur investasi

Dari hasil wawancara dengan penduduk Desa Batu Gajah yaitu desa terdekat dari Desa Kuala Lala dalam satu minggu mereka dapat menghabiskan satu tabung elpiji yang berukuran 3 Kg selama satu minggu. Sedangkan untuk isi ulang pertabung dikenakan biaya sebesar Rp. 20.000. Pada Gambar 34 dapat dilihat biaya gas elpiji 3 Kg selama 20 tahun dengan inflasi per tahun sebesar 5,3%.

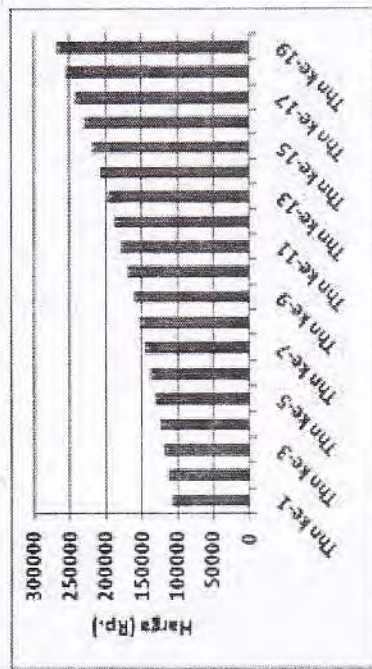


Biaya per tahun gas elpiji 3 Kg selama umur investasi

Gambar 34 memperlihatkan biaya gas elpiji per tahun, apabila dikalkulasikan selama umur investasi maka total biaya isi ulang gas elpiji selama 20 tahun adalah Rp. 28.863.651,-.

Biaya selang dan regulator gas

Harga selang dan regulator elpiji tahun sekarang = Rp. 100.000, inflasi per tahun = 5,3%, dan penggantian selang dan regulator = 1 tahun sekali.



Biaya per tahun selang dan regulator elpiji selama umur investasi

Apabila biaya-biaya per tahun selang dan regulator elpiji pada Gambar 35 dikalkulasikan maka total biaya selama umur investasi adalah Rp. 3.313.339,-.

Setelah biaya-biaya diatas diketahui maka biaya total penggunaan gas elpiji selama umur investasi adalah sebagai berikut:

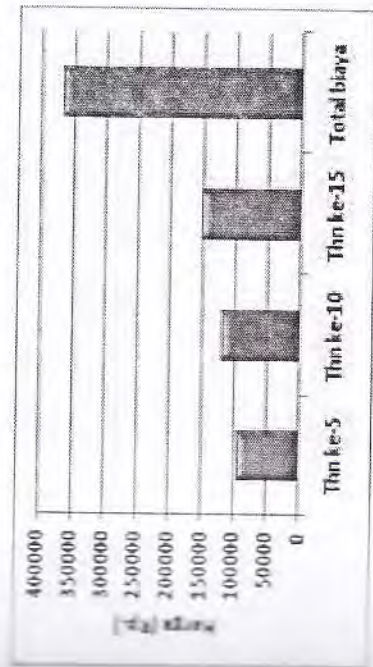
Total biaya penggunaan gas elpiji selama umur investasi

Jenis	Biaya
Total biaya kompor gas	Rp. 2.200.000
Total biaya isi ulang gas elpiji	Rp. 28.863.651
Total biaya selang dan regulator elpiji	Rp. 3.313.339
Total biaya	Rp. 34.376.990

total biaya penggunaan minyak tanah untuk memasak selama umur investasi (20 tahun). Sebelum mengkalkulasikan total biaya penggunaan minyak tanah, terlebih dahulu harus diketahui biaya-biaya seperti dibawah ini:

Biaya kompor minyak tanah

Harga kompor minyak tanah pada tahun sekarang =Rp. 75.000 (<http://erabaru.net/kehidupan/54-keluarga/16027-harapan-baru-pengrajin-kompor-minyak-tanah>), inflasi per tahun = 5,3%, dan penggantian kompor = 5 tahun sekali.

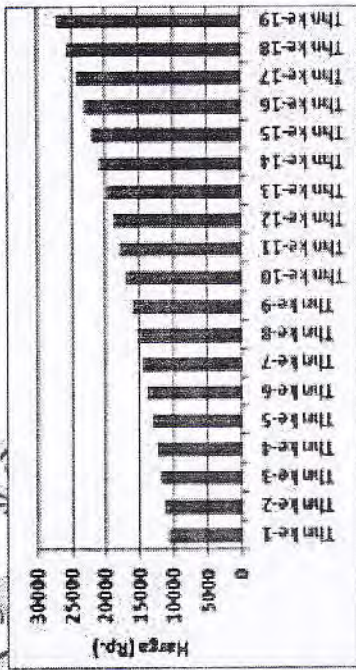


Biaya kompor minyak tanah selama umur investasi

Pada Gambar 36 total biaya kompor minyak tanah selama umur investasi adalah Rp. 366.713

Biaya sumbu kompor

Harga sumbu kompor sekarang = Rp. 10.000 (hasil wawancara), inflasi per tahun = 5,3%, dan penggantian sumbu kompor = 1 tahun sekali.

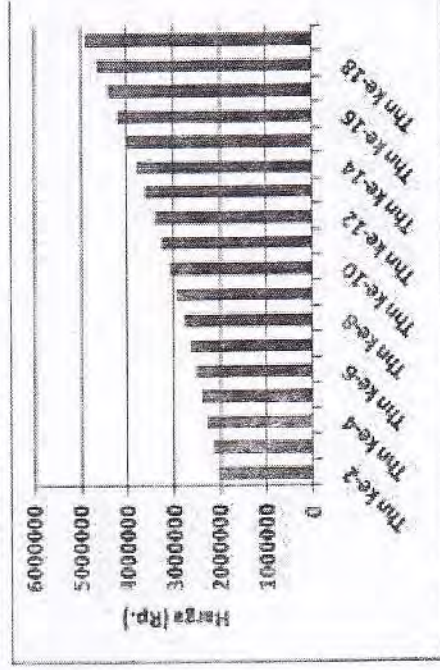


Biaya sumbu kompor per tahun selama umur investasi

Apabila Gambar 37 dikalkulasikan maka total biaya yang dikeluarkan selama umur investasi adalah Rp. 331.400

Biaya minyak tanah

Dari hasil wawancara dengan beberapa warga Desa Kuala Lata, dalam satu minggu rata-rata mereka menghabiskan 5 liter minyak tanah dengan per liternya Rp. 8000. Apabila dikalkulasikan selama umur investasi dengan inflasi pertahun sebesar 5,3% maka didapat hasil seperti Gambar 38 dibawah ini:



Biaya minyak tanah per tahun selama umur investasi

Dari Gambar 38 apabila biaya diatas dikalkulasikan maka total biaya minyak tanah selama umur investasi adalah Rp. 60.415.676,-.

Setelah biaya-biaya diatas sudah diketahui maka total biaya yang dikeluarkan untuk pemakaian minyak tanah selama umur investasi adalah sebagai berikut:

total biaya minyak tanah untuk memasak selama umur investasi

Jenis	Biaya
total biaya kompor minyak tanah	Rp. 366.713
total biaya minyak tanah	Rp. 60.415.676
total biaya sumbu kompor	Rp. 331.400
Total biaya	Rp. 61.113.789

Dengan melihat besar biaya antara biogas digeter, gas elpiji, dan minyak tanah maka dapat disimpulkan bahwa biaya sistem biogas digester jauh lebih murah dari pada biaya yang dikeluarkan untuk memasak menggunakan bahan bakar gas elpiji dan minyak tanah.

Dengan melihat potensi yang dimiliki oleh sistem biogas digester maka tinggal kesadaran pemerintah untuk menggalakkan penggunaan biogas digester khususnya pada wilayah pedesaan. Apabila sistem biogas digester ini benar-benar diterapkan pada seluruh desa yang ada di Indonesia, khususnya desa yang mempunyai ternak maka dapat dibayangkan berapa besar penghematan yang dapat dilakukan.

Kesimpulan

Konsep rumah mandiri energi merupakan sebuah konsep dimana kebutuhan energi pada sebuah rumah yang meliputi energi listrik, gas dan BBM diperoleh secara mandiri dengan memanfaatkan sumber energi dari alam seperti matahari, air, angin,

limbah organik, dan lain-lain. Konsep rumah mandiri energi yang dirancang pada tugas akhir ini adalah rumah yang memanfaatkan energi surya untuk suplai listrik dan biogas untuk suplai gas. Sedangkan kebutuhan BBM tidak di bahas.

Objek penelitian adalah rumah tangga ukuran sedang di Desa Kuala Lala Kec. Sungai Lala-Indragiri Hulu. Adapun sistem suplai listrik (PLTS) dan sistem suplai gas (biogas digester) yang dihasilkan melalui penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS)
- Perancangan PLTS mengikuti prosedur pada AS 4509.2-2002 tentang *stand-alone power system part 2: System design guidelines*.
 - Sistem PLTS dirancang pada bulan terburuk sehingga mampu memenuhi kebutuhan listrik sepanjang tahun pada objek penelitian.
 - Dengan beban 2463 Wh per hari dan beban puncak 362 Watt sistem PLTS yang direkomendasikan adalah modul surya 210 Wp, BCR 40 A, baterai 102 Ah, dan inverter 900 VA.
 - Total biaya yang dibutuhkan selama umur investasi (20 tahun) adalah Rp. 113.598.500,.
 - Total biaya beban listrik rata-rata yang dikeluarkan Desa Kuala Lala dengan asumsi sudah tersambung ke jaringan listrik PLN adalah Rp. 23.050.000,-. Sehingga biaya yang dikeluarkan PLTS lebih besar dari pada biaya yang dikeluarkan untuk PLN.
 - Faktor-faktor yang membuat PLTS tidak bisa bersaing dengan PLN adalah karena PLN disubsidi oleh pemerintah, tidak dihitungnya biaya eksternal, dan PLTS tidak disubsidi oleh pemerintah. Dan
 - Teknologi PLTS merupakan teknologi ramah lingkungan yang tidak menghasilkan gas rumah kaca sehingga tidak akan menyebabkan *global warming*.

Biogas digester

- Perancangan biogas digester pada Desa Kuala Lala meliputi studi beban, perancangan sistem, biaya biogas digester selama umur investasi, dan analisa ekonomi.
- Lama memasak rata-rata per hari warga Desa Kuala Lala adalah 2,44 jam.
- Jenis ternak rata-rata pada Desa Kuala Lala adalah sapi dengan sekitar 2 ekor sapi per KK.
- Perancangan biogas digester pada Desa Kuala Lala menghasilkan besar kapasitas digester biogas sebesar 4 m³ dan digester kontrol 2 m³.
- Dari kapasitas digester yang dihasilkan dapat menghasilkan gas metan sebanyak 2,16 m³ dan bila dikonversikan maka gas metan yang dihasilkan dapat mengganti minyak tanah sebesar 1,2 liter.
- Total biaya sistem biogas digester selama umur investasi (20 tahun) adalah Rp. 8.740.180,-.
- Total biaya gas elpiji untuk memasak selama umur investasi adalah Rp. 34.376.990,-.
- Total biaya minyak tanah untuk memasak selama umur investasi adalah Rp. 61.113.789,-.
- Biaya yang dikeluarkan sistem biogas digester jauh lebih murah dari pada menggunakan gas elpiji PERTAMINA dan minyak tanah.

Kesimpulan

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

- Dalam merancang sistem PLTS, peneliti selanjutnya diharapkan memasukkan persamaan-persamaan yang ada pada AS 4509.2-2002 didalam excel sehingga nantinya memudahkan dalam perancangan.

- b. Untuk peneliti selanjutnya, diharapkan dapat merancang teknologi hybrid dalam memenuhi energi listrik pada skala rumah tangga. Dengan menerapkan teknologi ini diharapkan nantinya lebih ekonomis dari teknologi PLTS.
- c. Peneliti selanjutnya sebaiknya memasukkan rekomendasi tentang strategi untuk mengurangi biaya PLTS sehingga dapat menjadi pilihan menarik di desa-desa tanpa tergantung pada intervensi pemerintah.

4.2.2. Biogas digester

- a. Dalam merancang biogas digester, peneliti selanjutnya diharapkan memasukkan persamaan-persamaan didalam excel sehingga nantinya memudahkan dalam perancangan.
- b. Untuk peneliti selanjutnya, diharapkan dapat merancang sistem pengaduk otomatis pada digester biogas. □

Daftar Pustaka

Akash Solar. 2011. Charge Controllers. <http://www.akashsolar.com/products/charge-controllers> (diakses 5 Maret 2011).

Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. 2008. *Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia 2009*. http://www.esdm.go.id/publikasi/handbook/doc_download/987-handbook-of-energy-a-economic-statistics-of-indonesia-2009.html (diakses 10 Juli 2011).

Departemen Kesehatan. n.d. Parameter Pencemaran Udara dan Dampaknya Terhadap Kesehatan. www.depkes.go.id/downloads/Udara.PDF (diakses 17 Juli 2011).

Flickr. n.d. Pelita. <http://www.flickr.com/photos/jeppy81/1900552900/> (diakses 17 Juli 2011).

Ginting, N.. 2008. Biogas. Bahan Paltihan Biogas. Departemen Peternakan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Medan: Universitas Sumatra Utara.

Home Solar PV Panels. 2009. Deep Cycle Battery Systems for PV Solar Electricity. <http://www.homesolarpanels.com/deep-cycle-solar-batteries.php> (diakses 5 Maret 2011).

Huamei Energy. n.d. Biogas Digester. <http://www.huameienergy.com/Products.asp?id=69&classid=33> (diakses 10 Juli 2011).

Kemen LH. 2008. Status Lingkungan Hidup Indonesia 2008: Energi. www.menlh.go.id/slhi/slhi2008/7_energi.pdf (diakses 5 Maret 2011).

Leonic, 2011. Blog Diagram Sistem PLTS. http://www.leonics.com/system/solar_photovoltaic/solar_home_system/image/solar_home_system_en.gif (diakses 18 Juli 2011).

Lynnather. n.d. Lampu Minyak Tanah. <http://litttlecolourfulmacaw.blogspot.com/2010/04/lampu-minyak-tanah.html> (diakses 18 Juli 2011).

LPPM STTAL. 2011. Biogas. sttal.ac.id/index.php/lppm/64-biogas (diakses 10 Juli 2011).

Meller, Peter. 2003. Economic Analysis of Solar Home System: A Case Study for the Philippines. siteresources.worldbank.org/INTEAPREGTOPENERGY/Resources/Economic-Analysis-Solar-Home-Systems.pdf (diakses 12 November 2007).

National Biodigester Program Cambodia. 2006. Cambodia National Biodigester Program. <http://www.nbp.org.kh/index.php> (diakses 10 Juli 2011).

OffgridExpert. 2011. Inverters. <http://www.offgridexperts.com/page/2> (diakses 5 Maret 2011).

Pandey, P. n.d. Household biogas digester, an underutilized potential. <http://csanr.wsu.edu/publications/proceedings/>

small%20digester/pandey%20small%20scale%20digester.pdf (diakses 10 Juli 2011).

Rakhmawan, agung. n.d. Pemanasan global, Efek rumah kaca, hujan asam dan menipisnya lapisan ozon. <http://agungr.vox.com/library/post/energi-angin-adalah-energi-alternatif.html> (diakses 18 Juli 2011).

Realia Soft. 2007. Life Cycle Cost Analyses. http://www.weibull.com/SystemRetWeb/life_cycle_cost_analyses.htm (diakses 10 Juli 2011).

Unterwegs. n.d. Petromax Geniol 150 Reflektorschirm. <http://www.unterwegs.biz/en/petromax-relags-geniol-150-reflektorschirm-77687.html> (diakses 10 Juli 2011).

Wahyuni, S. 2002. Biogas. Depok: Penebar Swadaya.

WHO (World Health Organization). 2005. Indoor air pollution and health. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs292/en/index.html> (diakses 17 November 2007).

Zhejiang Heda Solar Technology. 2011. Monocrystalline Solar PV Module HDS130M. <http://en.hedasolar.com/Mono-crystalline+Solar+PV+Module-china/Monocrystalline+Solar+PV+Module-Monocrystalline+Solar+PV+Module+HDS130M-12/> (diakses 5 Maret 2011).

ANALISIS PERAMALAN BEBAN LISTRIK JANGKA PENDEK WILAYAH SUMBAR RIAU DENGAN MENGGUNAKAN METODE AUTOREGRESSIVE (AR)

Oleh: Zulfatri Aini

Pendahuluan

Tenaga listrik tidak dapat disimpan dalam skala besar, karenanya tenaga ini harus disediakan pada saat dibutuhkan. Akibatnya timbul persoalan dalam menghadapi kebutuhan daya listrik yang tidak tetap dari waktu ke waktu, bagaimana mengoperasikan suatu sistem tenaga listrik yang selalu dapat memenuhi permintaan daya pada setiap saat, dengan kualitas baik dan harga yang murah. Apabila daya yang dikirim dari bus-bus pembangkit jauh lebih besar dari pada permintaan daya pada bus-bus beban, maka akan timbul persoalan pemborosan energi pada perusahaan listrik, terutama untuk pembangkit termal. Sedangkan apabila daya yang dibangkitkan dan dikirimkan lebih rendah atau tidak memenuhi kebutuhan beban konsumen maka akan terjadi pemadaman lokal pada bus-bus beban, yang akibatnya merugikan pihak konsumen. Oleh karena itu diperlukan penyesuaian antara pembangkitan dengan permintaan daya.

Fenomena seperti ini adalah suatu hal yang sudah umum terjadi untuk wilayah Sumbar-Riau yang berdampak terhadap kelancaran beberapa sektor diantaranya industri, pariwisata, pelayanan jasa, dan sebagainya. Untuk itu perlu perencanaan (*load forecasting*) yang tepat sedemikian sehingga alokasi beban listrik terdistribusi dengan baik.