

Pelatihan Perancangan Dan Analisis Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Perangkat Lunak Homer Di SMK Cinta Rakyat

Saut matedius Situmorang¹, Victor Maruli Pakpahan², Farida Gultom³
Fakultas Teknik , Universitas Efarina

Jl. Pdt. J. Wismar Saragih No. 1 Pematang Siantar - Sumatera Utara

E-mail:

mathedyusmail@gmail.com¹, victor.pakpahan@gmail.com, faridagultom20@gmail.com³

ABSTRAK

Kompetensi Siswa-Siswi Sekolah menengah kejuruan diharapkan mampu menjadi wirausahawan muda setelah tamat sekolah. Hal ini menjadi tanggung jawab sekolah dan peserta didik, namun kurangnya sarana dan tenaga ahli dalam mencapai kompetensi yang diharapkan menjadi salah satu penghambat. Dengan adanya program pemerintah membangun sumber energi listrik yang besar dimana salahsatunya berasal dari sumber energi baru terbarukan untuk mengatasi sumber energi listrik dari energi fosil yang terbatas. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi salah satu sumber energi baru yang tak terbatas. Dalam pelatihan ini, tim memberikan ilmu pengetahuan dan teknologi berupa pelatihan perancangan dan analisis ekonomi sistem pembangkit listrik tenaga surya dengan menggunakan perangkat lunak Homer. Kegiatan ini dibagi dalam 3 bagian yakni; pelatihan perancangan sistem PLTS, pelatihan analisa ekonomi sistem PLTS secara manual dan bagian ke 3 adalah pelatihan penggunaan perangkat lunak homer dalam perancangan dan analisis ekonomi sistem PLTS. Seluruh kegiatan dilaksanakan di tempat mitra yakni siswa/i SMK Cinta rakyat jurusan Teknik Listrik.

Kata kunci: Pelatihan, Perancangan , Analisis Ekonomi, PLTS, Homer

ABSTRACT

Competencies of Vocational High School Students are expected to be able to become Startup entrepreneurs after graduating from school. This is the responsibility of schools and students, but the lack of facilities and experts in achieving the expected competencies is one of the obstacles. With the government's program to build a large source of electrical energy, one of which comes from new renewable energy sources to overcome the limited sources of electrical energy from fossil energy. Solar Power Plants (PLTS) are one of the new unlimited sources of energy. In this training, the team provides science and technology training in the design and economic analysis of solar power generation systems using Homer software. This activity is divided into 3 parts, namely; PV mini-grid system design training, manual PV mini-grid system economic analysis training and the third part is training on the use of homer software in the design and economic analysis of the PV mini-grid system. All activities were carried out at partner locations, namely students of SMK Cinta Rakyat majoring in Electrical Engineering.

Keyword: Training, Design , Economic analysis, PLTS, Homer

1. PENDAHULUAN

SMK Swasta Cinta Rakyat dengan NPSN : 10211699 berada di Jl. Melanthon Siregar No. 171. Sekolah ini mengelola 5 Program Studi dimana salah satunya Program studi Instalasi Tenaga Listrik yang sebelumnya bernama Jurusan Teknik Listrik. Kegiatan pelatihan ditujukan pada siswa SMK dengan pertimbangan untuk menambah bekal keahlian, khususnya di bidang tenaga surya, ketika mereka lulus nanti. Hal yang menjadi perhatian dalam melaksanakan kegiatan ini adalah para siswa SMK hanya memiliki bekal pengetahuan tentang kelistrikan akan tetapi tidak memiliki pengetahuan tentang teknologi tenaga surya. Untuk itu metode sosialisasi yang tepat sangat dibutuhkan agar tujuan pemberdayaan para siswa SMK untuk memiliki kompetensi dibidang teknologi tenaga surya dapat tercapai. Melalui metode sosialisasi secara teori di kelas dan praktek langsung pemberdayaan siswa SMK untuk memahami pengetahuan tentang teknologi surya dan teknik instalasi system PLTS berhasil di pahami. Hasil kegiatan pelatihan ini diharapkan peningkatan pemahaman pada para siswa sampai 80%.

Menurut Bien, L. E., (2008) bahwa salah satu pemanfaatan sumber energi terbarukan yang cukup potensial di Indonesia adalah energi sinar matahari. Indonesia merupakan negara yang secara geografis terletak tepat di garis khatulistiwa dan memberikan beragam keuntungan serta potensi besar dalam hal pemanfaatan energi matahari. Hal ini dikarenakan besarnya radiasi matahari bergantung pada letak garis lintang, kondisi atmosfer, dan posisi matahari terhadap garis khatulistiwa. Salah satu solusi dalam permasalahan tersebut adalah pengimplementasian Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan spesifikasi keluaran adalah searah. Energi listrik searah dapat diperoleh langsung dari sinar matahari menggunakan perangkat *photovoltaic* (PV) berbentuk sel. Sel-sel ini mengubah energi matahari menjadi energi listrik melalui efek *photovoltaic*.

Kompetensi ini menjadi pengembangan praktik pada SMK jurusan teknik yang memiliki minat akan teknologi industry 4.0 yang di kembangkan pada mata pelajaran produk kreatif dan kewirausahaan. Selain itu, siswa dilibatkan pada kegiatan proyek yang diharapkan mendapatkan wawasan mengenai perakitan sederhana pembangkit tenaga listrik tenaga surya yang berdaya jual tinggi sehingga siswa mendapatkan pengalaman nyata secara holistik untuk memulai usaha mulai dari pembuatan hingga melakukan pemasaran produk untuk mendapatkan keuntungan.

2. PERMASALAHAN

Siswa-siwi SMK Cinta Rakyat jurusan Teknik Instalasi Daya Listrik kompetensi keahlian teknik instalasi daya listrik telah memiliki kemampuan dasar dalam memasang jaringan instalasi listrik komersial, menggulung trafo dan motor listrik, serta peralatan mesin-mesin listrik lainnya. Namun dalam hal pembangkit energi baru terbarukan belum tercapai secara maksimal.

Permasalahan yang di hadapi kedua mitra diuraikan sebagai berikut :

- Keterbatasan Jumlah Peralatan laboratorium Pembangkit listrik serta kompetensi yang dimiliki guru maupun siswa sekolah tidak mampu menopang program kerja yang direncanakan yaitu lulusan yang kompetensif yang mampu merancang, membuat serta merawat peralatan listrik pada rumah tangga maupun industry
- Kompetensi siswa/i terbatas dalam hal pembuatan energy listrik terbarukan dalam hal ini PLTS.
- Kompetensi Lulusan SMK yang dianggap mampu membantu program kerja pemerintah daerah, dalam hal ini pengembangan energy listrik terbarukan untuk menopang keberlanjutan peningkatan pelayanan kepada masyarakat.
- PLTS sebagai energy alternative dapat dipasarkan kepada masyarakat khususnya yang tinggal dipedalaman, yang belum terjangkau jaringan listrik PLN. Sehingga nantinya alumni kedua SMK ini akan mampu membuat sistem energy listrik tenaga surya dan menjadi wirausaha baru di daerah sumatera utara.
- Perhitungan nilai ekonomi listrik tenaga surya yang ada saat ini terkesan rumit dengan adanya pelatihan ini siswa/i mampu melakukan perakitan dan perhitungan kebutuhan daya PLTS menggunakan perangkat lunak homer

3. METODOLOGI

Metode Pelaksanaan Program penerapan Ipteks bagi masyarakat akan dilakukan untuk menjawab permasalahan mitra. Tim pengusul akan memberikan pelatihan selama 1 Minggu, mengenai perancangan dan analisis ekonomi sistem pembangkit listrik tenaga surya. Berikut ini adalah Justifikasi pengusul bersama mitra dalam menentukan persoalan prioritas :

- Tim memberikan kontribusi dengan menyediakan perangkat PLTS berupa solar cell, inverter, battery dan perangkat pendukung lainnya, untuk digunakan siswa-siwi selama program berlangsung
- Tim menyediakan tool shet dan peralatan instalateur PLTS

- c. Tim memberikan pelatihan perancangan sistem PLTS
- d. Tim menyediakan software homer untuk aplikasi perancangan dan analisa ekonomi sistem PLTS
- e. Pihak sekolah menyediakan Komputer untuk digunakan Siswa/i selama pelatihan berlangsung
- f. Tim memberikan pelatihan perakitan, pengujian, perbaikan dan perawatan panel surya

Mitra bersama dengan tim P2M akan terlebih dahulu membuat kesepakatan tentang program kegiatan yang akan dilakukan, mulai dari persiapan pelatihan, jadwal kerja serta kontroling yang disesuaikan dengan jadwal sekolah dan jadwal tim pengusul supaya kegiatan dapat terlaksana dengan terpadu. Berikut ini adalah uraian kegiatan yang dilakukan tim bersama mitra :

Tabel 1. Uraian kegiatan

Permasalahan Mitra	Solusi Masalah
Keterbatasan Peralatan dan komponen PLTS	Tim pengusul akan menyediakan peralatan PLTS berupa : Panel surya baterai, inverter dan komponen lainnya.
Kebutuhan pelatihan perancangan dan analisis ekonomi PLTS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Perhitungan kebutuhan daya 2. Perhitungan nilai investasi 3. Pelatihan dengan menggunakan perangkat lunak homer 4. Pengujian panel PLTS Tim pengusul akan melatih siswa/i dalam membuat program diatas dengan bantuan guru/wali kelas sebagai pengawas.

Mitra membuat kesepakatan dengan tim dalam hal :

- a. Mitra menyediakan tempat (laboratorium) sebagai tempat pelatihan
- b. Mitra menyediakan sumber listrik
- c. Mitra menyediakan infokus sebagai media presentasi bagi siswa/i
- d. Mitra membuat daftar hadir Siswa/I sekolah masing-masing
- e. Mitra menyediakan akomodasi bagi siswa/I apabila diperlukan
- f. Mitra mengatur dan mengawasi siswa/I selama program berlangsung

Materi pelatihan dibagi dalam beberapa tahap, untuk memudahkan kelancaran program pelatihan terlaksana secara terstruktur. Adapun materi program yang diberikan adalah sebagai berikut:

Tabel 2 : Materi pelatihan

Pertemuan ke	Materi
1	Pengetahuan Umum Energi Terbarukan
2	Perancangan Sistem PLTS
3	Penghitungan nilai investasi
4	Analisi ekonomi
5	Aplikasi homer
6	Tugas mandiri dan penilaian

Metode Analisis yang digunakan dalam kegiatan ini yaitu:

a. *Net Present Value (NPV)*

NPV didefinisikan sebagai nilai dari pekerjaan yang bersangkutan yang diperoleh berdasarkan selisih antara *cash flow* yang dihasilkan terhadap investasi yang dikeluarkan. NPV dianggap layak adalah NPV yang bernilai positif. NPV bernilai positif mengindikasikan *cash flow* yang dihasilkan melebihi jumlah yang diinvestasikan.

b. *Internal Rate of Return (IRR)*

IRR adalah tingkat bunga pengembalian dari modal yang digunakan. Dalam analisis IRR selalu diharapkan lebih besar dari tingkat suku bunga yang berlaku dan pada umumnya pengusaha selalu cenderung menanamkan modalnya pada usaha yang menghasilkan IRR lebih besar.

c. *Benefit Cost Ratio (BCR)*

Analisis BCR adalah satu cara yang secara umum digunakan dibanyak tempat untuk evaluasi-evaluasi kelayakan relative dari alternative investasi pekerjaan, untuk mencapai alokasi yang efektif dari sumber daya yang ada.

Biaya investasi dapat dikelompokkan atas beberapa komponen. Untuk mempermudah perhitungannya di kelompokkan menjadi dua komponen yaitu biaya modal dan biaya tahunan (Kodati J,R 1996) ;

a. Biaya Modal

Biaya modal adalah semua pengeluaran yang dibutuhkan selama proyek berlangsung mulai dari prasarvey sampai proyek selesai di bangun yang termasuk didalam biaya modal adalah :

1. Biaya pekerjaan survey.
2. Biaya pekerjaan sipil.
3. Biaya pekerjaan mekanikal dan elektrikal.
4. Biaya pekerjaan jaringan distribusi.
5. Biaya tidak langsung (biaya tak terduga),

prosentasenya dapat diestimasikan antara 5 % sampai dengan 15 % (Kodati J,R 1996).

b. Biaya tahunan

Menurut Ismail Biaya tahunan adalah biaya yang harus ditanggung oleh proyek selama umur proyek , yang termasuk biayatahunan adalah :

1. Bunga

2. Biaya penyusutan
3. Biaya operasi dan pemeliharaan.

Payback period dapat diartikan dengan lamanyawaktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan biayainvestasi. Semakin pendek *payback period* dari periodeyang disyaratkan perusahaan, maka proyek investasitersebut dapat diterima. Dari definisi tersebut, makapayback period dapat dicari dengan dua cara:

- 1) Apabila *cash flow* dari proyek investasi sama setiaptahun :

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{Inisial investment}}{\text{Cash flow}} \times 1 \text{ tahun} \dots\dots(1)$$

dimana *initial investmen* adalah modal awal dari sebuah proyek dan *cash flow* adalah penerimaan dana dari investasi. Payback periode tidak boleh melebihi jangka waktu yang disyaratkan.

- 2) Apabila *cash flow* dari proyek investasi berbedasetiap tahun :

$$\text{Payback periode} = n + \frac{a-b}{c-b} \times 1 \text{ tahun} \dots\dots(2)$$

dimana :

- n = tahun terakhir dimana cash flow masih belum bisa menutupi initial investment.
- a = jumlah initial investment
- b = jumlah cumulative cash flow pada tahun ke-n
- c = jumlah cumulative cash flow pada tahun ke- n +1

Menghitung NPV dilakukan dengan caramenghitung *cash flow* tiap tahun yakni denganmembandingkan antara pengeluaran dengan pemasukanpada tiap-tiap tahun, lalu menghitung *discount factorm* maka akan didapat *discount cash flow* denganmengalikan *cash flow* dan *discount factor* seperti pada persamaan 2.5 di bawah ini :

$$\sum_n \frac{(Bn - Cn)}{(1+r)^n} \dots\dots\dots(3)$$

dimana :

- Bn = arus kas masuk (pendapatan) periode n
- Cn = arus kas keluar (biaya) pada periode n
- r = tingkat diskon (discount rate)
- n = Periode yang terakhir di mana cash flowdiharapkan.

Berikut ditunjukkan arti dari perhitungan NPV terhadap keputusan investasi yang akan dilakukan :
 NPV > 0, maka investasi yang dilakukan memberikan manfaat bagi perusahaan. Proyek bisa dijalankan. NPV < 0 maka investasi yang dilakukan tidak memberikan manfaat bagi perusahaan. Proyek ditolak. NPV = 0, maka investasi yang dilakukan tidak mengakibatkan perusahaan untung atau rugi. Proyek layak diterima apabila IRR lebih besar dari sukubunga di bank atau tingkat pengembalian untuk suatu proyek investasi (*minimum attractive rate of return -MARR*). Jika tidak, maka lebih ekonomis menyimpanuang di bank IRR dasarnya

harus dicari dengan caracoba-coba (*trial and error*). IRR dapat cari dengan persamaan berikut:

$$IRR = It + \frac{NPVr}{NPVr - NPVt} (It - Ir) \dots\dots\dots(4)$$

dimana :

- Ir = Bunga rendah
- It = Bunga tinggi
- $NPVr$ = NPV bunga rendah
- $NPVt$ = NPV bunga tinggi

4. HASIL YANG DICAPAI

Pelaksanaa program pengabdian ini telah terlaksana ± 100 % dari total kegiatan keseluruhan. Program dilaksanakan sesuai jadwal yang telah ditetapkan mulai dari persiapan pelatihan dengan survey lokasi dan penentuan bahan serta efektifitas pelaksanaan program. Uraian dari kegiatan pengabdian masyarakat dalam bentuk Pelatihan Perancangan dan analisis ekonomi sistem pembangkit listrik tenaga surya dengan perangkat luna homer di SMK Teknik Dairi adalah sebagai berikut :

- a. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya
 Dalam kegiatan ini tim memberikan pelatihan untuk mitra dalam merakit sistem pembangkit listrik tenaga surya kapasitas 100 Watt dengan uraian kegiatan yang telah terlaksana pada tabel berikut :

Tabel 3 Daftar kegiatan pelatihan PLTS

No	Nama Kegiatan	Persentase capaian (%)
1	Penyiapan bahan administrasi sosialisasi dan pelatihan	100
2	Koordinasi dengan kedua mitra	100
3	Menyiapkan materi pelatihan	100
4	Menyiapkan narasumber (pakar)	100
5	Menyipakan jadwal pelaksanaan sosialisasi dan pelatihan	100
6	Melakukan sosialisasi ceramah pengetahuan PLTS	100
7	Perakitan PLTS	100
8	Pengujian dan Pengukuran PLTS	100
9	Pembuatan inverter PLTS 100 watt	95
10	Melakukan pengujian rangkaian inverter	98

- b. Pengukuran energi surya Modul PV
 Secara umum sistem PLTS untuk Pelatihan ini, tidak jauh berbeda dengan sistem PLTS lainnya. Dimana sumber energinya dari

tenaga surya, yang ditangkap oleh modul surya, untuk diubah menjadi energi listrik. Dari modul surya energi listrik ditampung oleh baterai, kemudian energi listrik bisa digunakan dengan beban DC. Sebelum PLTS ini direalisasikan, langkah pertama yang dilakukan adalah merancang dan menghitung setiap komponen yang digunakan dalam sistem ini. Adapun komponen-komponen yang digunakan dalam PLTS ini adalah: Modul surya, *charge controller*, baterai dan lampu taman.



Gambar 1. Modul PV yang digunakan pada pelatihan

Berikut karakter Modul PV untuk teknologi standar dan data rata-rata radiasi surya dan temperatur harian daerah kota Medan ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 4. Karakter modul PV untuk teknologi standar

Tipe Modul PV	η_r (%)	NOCT ($^{\circ}$ C)	β_P (%/ $^{\circ}$ C)
Mono-Si	13.0	45	0.40
Poly-Si	11.0	45	0.40
a-Si	5.0	50	0.11
CdTe	7.0	46	0.24

CTS	7.5	47	0.46
-----	-----	----	------

Dengan menggunakan software Hommer, pada saat pelatihan diperoleh energi surya pada lokasi mitra seperti tabel berikut

Tabel 5. Data rata-rata radiasi surya di kota siantar (kWh/m^2 /hari)

<i>Data rata-rata radiasi surya</i>	
<i>Bulan</i>	<i>Radiasi Surya (kWh/m^2)</i>
Januari	4.99
Februari	4.74
Maret	4.85
April	4.86
Mei	4.76
Juni	5.00
Juli	5.00
Agustus	5.03
September	4.89
Oktober	4.88
November	4.80
Desember	4.86

Dengan memperoleh sumber energi rata-rata dari tabel diatas maka sangat dimungkinkan pembangunan tenaga listrik berbasis selsurya dapat terealisasi di lokasi ini.



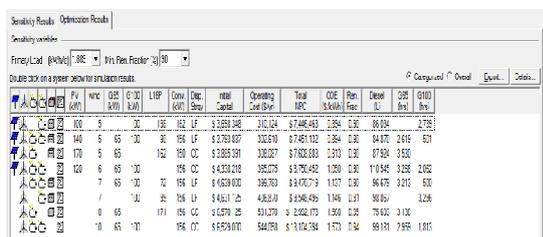
Gambar 2 Pelatihan praktek perakitan PLTS

Simulasi sistem dengan menggunakan Homer, pada simulasi ini peserta mensimulasikan sistem hibrid yang paling optimal dengan mempertimbangkan beberapa pilihan konfigurasi sensifisitas seperti keadaan pembangkit dan pilihan pilihan kondisi

antara lain jumlah minimum energi terbarukan, kenaikan beban, ada tidaknya sistem traking, dan simulasi force on dan force off pembangkit. Setelah melakukan perhitungan dengan menggunakan program Homer untuk beban sama dengan beban sekarang dan minimum energi terbarukan (minimum renewable fraction) sebesar 90 % dan menggunakan sistem traking Horizontal Axis dan diberikan penjadwalan pada generator Perkins didapatkan hasil sebagai berikut:

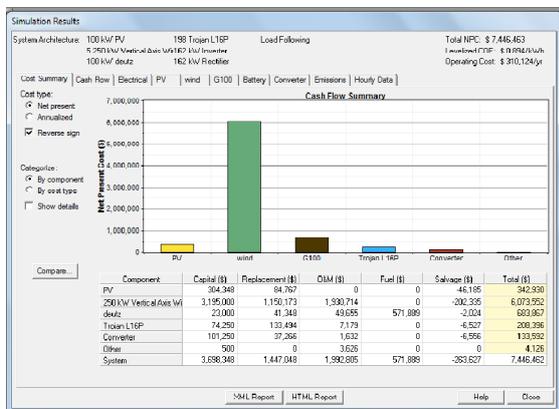
a. Simulasi Sistem 1 dengan beban rata-rata 2Kw/d

Dari hasil diatas di dapat kombinasi paling optimal adalah PLT Angin, Diesel, Baterai serta inverter



Gambar 3. Hasil simulasi homer

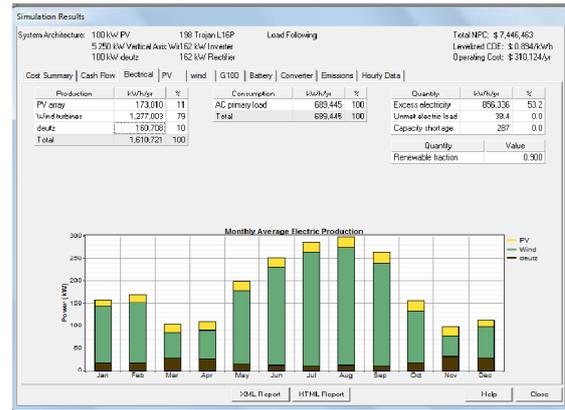
Dengan konfigurasi ,Turbin Angin : 5 unit ,PV : 100 Kw ,Generator diesel : 1 unit 100 Kw ,Baterai: 198 unit ,Konverter : 162 Kw



Gambar 4. Analisa Ekonomi dengan Homer

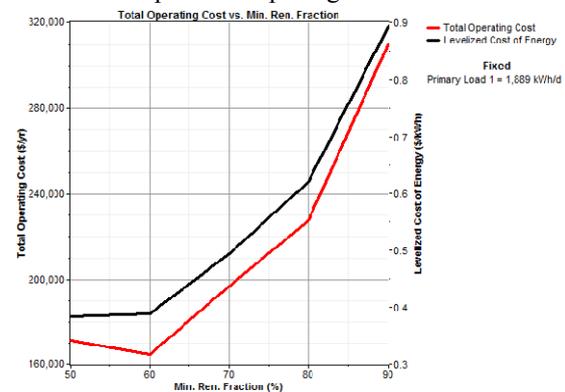
Dengan komponen biaya keseluruhan sistem adalah Net Present Cost adalah : \$ 7,446,463 Biaya pembangkitan : \$ 0.894 per KWh Biaya Operasi pertahun sebesar : \$ 310,124

b. Analisa kelistrikan sistem Distribusi Pembangkitan daya sebagai berikut
 PV : 173,010 KWh /tahun atau sebesar 11 %
 Turbin Angin : 1,277,003 KWh /tahun atau sebesar 79 % . Generator Deutz : 160,708 KWh/Tahun atau sebesar 10 %



Gambar 5. Pembangkitan energi listrik perbulan

Secara grafik hubungan kenaikan beban, jumlah biaya operasi dan jumlah persentase energi terbarukan dapat dilihat pada grafik berikut



Gambar 6. Garafik karakteristik biaya operasi

Dari grafik diatas dapat kita ketahui bahwa pada komponen biaya operasi untuk persentase energi terbarukan sebesar 50%-60% terjadi penurunan biaya dari \$ 171,376 pertahun di persentase 50% menjadi 164,897 di 60% sementara untuk biaya pembangkitan relatif tetap pada kisaran \$0.388 per KWh selanjutnya untuk persentase 60%-80% kenaikannya bersifat linear baik untuk biaya operasi maupun biaya pembangkitan hingga mencapai persentase 80% dengan nilai berturut \$ 227,477 pertahun untuk biaya operasi dan \$0.620 untuk biaya pembangkitan.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari pelaksanaan program pengabdian kepada masyarakat “Pelatihan Perancangan dan analisis ekonomi sistem pembangkit listrik tenaga surya dengan homer di SMK cinta rakyat” adalah :

a. Tingkat partisipasi yang tinggi dari mitra program pengabdian kepada masyarakat memberikan dampak positif bagi pelaksanaan program, terlihat dari pelatihan dan pendampingan perancangan dan analisis ekonomi PLTS

- b. Pelaksanaan program mampu menghasilkan luaran-luaran yang diharapkan oleh program pengabdian masyarakat ini.
- c. Pelaksanaan program mampu meningkatkan kompetensi siswa dalam pembangkitan tenaga listrik terbarukan,
- d. Dalam melakukan perhitungan PLTS, adabeberapa variabel yang perlu diperhatikan: Data beban harian, Data spesifikasi baterai, Data spesifikasi modul surya, dan Data spesifikasi *Charge Controller*
- e. Setelah melakukan pelatihan, mitra dapat melakukan perancangan dan melukan analisa ekonomi pembangunan PLTS

suitable and cost-competitive solution for rural electrification, Design ACG, Brussels.

Panduan Laporan kemajuan hibah penelitian dan pengabdian DIKTI Edisi IX tahun 2013
https://users.homerenergy.com/users/335451/show_licenses

DAFTAR PUSTAKA

- Mulyanto Agus, Rikendi, Diki Pujar, *Lampu Lalu Lintas Energi Surya*, Buletin Pembangunan Prov. Lampung, Vol 3(2):106-118, 208 Sekolah Tinggi Managemenen Informatika, dan Komputer Teknokrat.
- Raharjo, Irawan, Fitriana, Ira, *Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Indonesia*, Strategi Penyediaan Listrik Nasional Dalam Rangka Mengantisipasi Pemanfaatan PLTU Batubara skala kecil, PLTN, dan Energi Terbarukan.
- Contained Energy Indonesia tim, *Buku Panduan Energi yang Terbarukan*, PNPM Mandiri Kemendagri Indonesia, 2015.
- Bien, L. E., Perancangan Sistem Hibrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan Jala-jala Listrik PLN untuk Rumah Perkotaan, Universitas Trisakti, 2008.
- Bachtiar, Muhammad, “Prosedur Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Perumahan (*Solar Home System*)”, SMARTek, vol.4, no.3, pp. 176-182, 2006.
- Berenguel, Camacho, Rubio, Martinez. “*Control of Solar Energy Systems*”, Springer, 2012.
- King, Boyson, & Kratochvil, *Analysis of Factors Influencing The Annual Energy Production of Photovoltaic Systems*, IEEE, 2002.
- S. Edition and T. Au, *Engineering Economics for Capital Investment Analysis*, 2005.
- Patel, Mukund. R.Ph.D., P.E,1999, Wind and solar power systems, CRC press, New York.
- Hopkins. DC, 1999, Power Electronics Handbook second edition, A. Press, New York.
- Khalig, Alireza, 2010, Solar, Wind, and Ocean Energy Conversion Systems, CRC Press, Boca Raton FL.
- Ambiental, Trama Tecno S.L,2009, Hybrid power systems based on renewable energies: a