MODUL PRAKTIKUM

ENERGI TERBARUKAN

Dosen Pengampu :

KOKO JONI, S.T., M.Eng.

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS TRUNOJOYO MADURA

2016

TATA TERTIB PRAKTIKUM ET

1. Praktikum dimulai pukul 19.30 WIB setiap harinya.
2. Praktikan harus hadir minimal 5menit sebelum praktikum dimulai
3. Praktikan tidak diperbolehka nmasuk Laboratorium sebelum dipersilahkan oleh asisten.
4. Praktikan wajib mengikuti pre tes.
5. Tas diletakkan ditempat yang telah ditentukan.
6. Selama praktikum harus menggunakan pakaian rapi dan sopan, tidak boleh menggunakan kaos.
7. Praktikan mengerjakan praktikum sesuai dengan kelompok yang telah ditentukan .
8. Praktikan wajib mengikuti seluruh modul praktikum yang ada, meninggalkan salah satu modul tanpa alasan yang disetujui dianggap gugur.
9. Asistensi dilaksanaan di area kampus.
10. Pengumpulan laporan maksimal 7 hari setelah praktikum selesai.
11. Pindah jadwal dimungkinkan jika ada pratikan yang bersedia ditukar dan disetujui oleh kordinator praktikum.
12. Laporan akhir dijilid jadi satu dengan warna cover dan soft cover HijauMuda.
13. Jika praktikan telat tanpa ada izin sebelumnya, maka praktikan didenda dengan ketentuan sebagai berikut:
    a. DendaRp. 5.000,-untuk telat 0 – 10 menit.
    b. DendaRp. 10.000,-untuk telat 10 – 20 menit.
    c. Tidak diizinkan ikut praktikum untuk telat diatas 20 menit.
14. Tujuan, dasar teori harus dikumpulkan sebelum praktikum dimulai.
15. Dasar teori minimal dua lembar (tidak boleh sama).
16. Penggunaan tipe x yang dianggap berlebih tidak diperkenankan (max 5 kata).
17. Perwakilan kelompok wajib membawa lembar pengamatan praktikum (menyesuaikan modul).
18. Perizinan praktikum langsung kepada masing-masing asprak yang bersangkutan.

Electronic Laboratory

MODUL I
SOLAR CELL

1.1 Tujuan Praktikum

a. Mahasiswa mengetahui cara kerja pembangkit listrik tenaga surya
b. Mahasiswa mampu merakit bagian – bagian dari solar cell

1.2 Dasar Teori

a. Pengertian Panel Surya

Panel surya adalah perangkat rakitan sel-sel fotovoltaik yang mengkonversi sinar matahari menjadi listrik. Panel surya biasanya memiliki umur penggunaan yang cukup lama, ±20 tahun yang biasanya dalam jangka waktu tersebut panel surya tidak akan mengalami penurunan efisiensi yang signifikan. Namun, meskipun dengan kemajuan teknologi mutahir, sebagian besar panel surya komersial saat ini hanya mencapai efisiensi 15% dan hal ini tentunya merupakan salah satu alasan utama industri energi surya tidak dapat bersaing dengan bahan bakar fosil.

Posisi ideal panel surya adalah menghadap langsung ke sinar matahari (untuk memastikan efisiensi maksimum). Panel surya modern memiliki perlindungan *overheating* (panas berlebih) yang baik dalam bentuk semen konduktif termal. Perlindungan *overheating* penting dikarenakan panel surya mengkonversi kurang dari 20% dari energi surya yang ada menjadi listrik, sementara sisanya akan terbuang sebagai panas, dan tanpa perlindungan yang memadai kejadian *overheating* dapat menurunkan efisiensi panel surya secara signifikan.Panel surya sangat mudah dalam hal pemeliharaan karena tidak ada bagian yang bergerak. Satu-satunya hal yang paling penting untuk dilakukan adalah memastikan tidak ada penghalan antara sinar matahari dengan panel surya, sehingga pancaran sinar matahari dapat dengan maksimal diserap oleh panel surya.

Jumlah negara yang memberikan insentif untuk energi surya terus meningkat yang menandakan bahwa panel surya menjadi lebih efektif dalam hal biaya serta jumlah pemilik rumah dan bisnis yang tertarik untuk menggunakan panel surya terus tumbuh sepanjang waktu.

b. Jenis – jenis Panel Surya

Terdapat 3 jenis panel surya yang digunakan pada saat ini, yaitu:

1. Polikristal *(Poly – crystalline)*

   Merupakan panel surya yang memiliki susunan kristal acak karena dipabrikasi dengan proses pengecoran. Type ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama. Panel surya jenis ini memiliki efisiensi lebih rendah dibandingkan type monokristal, sehingga memiliki harga yang cenderung lebih murah. Akan tetapi dapat menghasilkan listrik pada saat mendung.

2. Monokristal *(Mono – crystalline)*

   Merupakan panel yang paling efisien, menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak dapat bekerja optimal ditempat dengan cahaya mataharinya kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.

3. *Amorphous*

   Silikon Amorf (a-Si) telah digunakan sebagai bahan sel *photovoltaic* untuk kalkulator selama beberapa waktu. Meskipun mempunyai kinerja yang lebih rendah dibandingkan sel surya tradisional c-Si, hal ini tidak penting dalam kalkulator, yang menggunakan daya sangat rendah.

c. Spesifikasi Panel Surya

Satuan yang biasa digunakan untuk menentukan daya yang dihasilkan oleh panel surya adalah WP *(Watt Peak)*. WP menggambarkan besarnya nominal Watt tertinggi yang dapat dihasilkan dari sebuah solar system. Hal ini dikarenakan energi dari sinar matahari yang tidak mempunyai nilai yang konstan dalam satu hari. Jika energi yang dihasilkan oleh panel surya

dari hasil pengukuran laboratorium tentang ukuran kekuatan daya listriknya per satuan waktu digambarkan dalam sebuah grafik, maka akan tampak seperti gelombang. Tedapat puncak *(Peak)* dan ada lembahnya, berdasar data-data yang diperoleh dari pengukuran dalam jangka waktu tertentu.

Setiap panel surya mempunyai spesifikasi yang berbeda – beda tergantung pada pabrik yang memproduksi panel surya tersebut. Pada umumnya spesifikasi yang dimiliki panel surya seperti pada gambar 1.

Specifications

Electrical Performance under Standard Test Conditions (*STC)	
Maximum Power (Pmax)	130W (+10%/−5%)
Maximum Power Voltage (Vmpp)	17.6V
Maximum Power Current (Impp)	7.39A
Open Circuit Voltage (Voc)	21.9V
Short Circuit Current (Isc)	8.02A
Max System Voltage	600V
Temperature Coefficient of Voc	-8.21×10^{-2} V/℃
Temperature Coefficient of Isc	3.18×10^{-3} A/℃

*STC : Irradiance 1000W/m², AM1.5 spectrum, module temperture 25℃

Electrical Performance at 800W/m², NOCT, AM1.5	
Maximum Power (Pmax)	92W
Maximum Power Voltage (Vmpp)	15.5V
Maximum Power Current (Impp)	5.94A
Open Circuit Voltage (Voc)	19.9V
Short Circuit Current (Isc)	6.47A

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature) : 47℃

Gambar 1. Spesifikasi Panel Surya

Penjelasan spesifikasi Panel Surya

1. *Electrical Performance*

   Tenaga listrik yang didapatkan dari kondisi yang sudah diasumsikan. Satuan W/m^2 pada spesifikasi menandakan jumlah daya yang didapatkan oleh panel surya per meter persegi dengan acuan luasan dari panel surya.

2. STC *(Standart Test Condition)*

   Hasil dari pengujian panel surya pada kondisi yang standar, yaitu diasumsikan panel surya mendapat penyinaran matahari maksimal.

3. *Maximum Power Voltage*

   Tegangan maksimal yang dapat dihasilkan oleh panel surya.

4. *Maximum Power Current*

   Arus maksimal yang dapat dihasilkan oleh panel surya.

5. *Maximum Power*

   Daya maksimal keluaran panel surya. Dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$P_{max} = V_{max} \times I_{max}$$

6. *Open Circuit Voltage*

   Tegangan yang dihasilkan oleh panel surya pada saat tidak ada beban *(no load).*

7. *Short Circuit Current*

   Arus keluaran panel surya pada saat kondisi *no load*.

8. *Maximum System Voltage*

   Tegangan maksimal dari keseluruhan sistem panel surya.

9. *Temperature Coefficient of Voc*

   Koefisien suhu yang dimiliki panel surya pada saat *no load*.

10. *Temperature Coefficient of Isc*

    Koefisien suhu panel surya ketika kondisi *no load*.

d. Perhitungan Panel Surya

Sebelum menggunakan panel surya dianjurkan untuk memperhitungkan konsumsi daya. Dengan menggunakan perhitungan dapat diketahui panel surya yang diperlukan, besar kapasitas baterai yang digunakan dan waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan daya yang memenuhi kebutuhan konsumsi daya. Berikut adalah langkah – langkah yang dapat dilakukan untuk mengetahui kebutuhan pada sistem panel surya (perhitungan per hari):

1. Hitung kebutuhan konsumsi daya *(power consumption / pc)*

   Asumsikan spesifikasi benda yang digunakan membutuhkan daya sebesar *a* Watt dan digunakan selama *b* jam dalam sehari, maka konsumsi daya benda tersebut per hari dapat dihitung menggunakan rumus:

$$pc = a \times b\ Watt$$

Hitung semua konsumsi daya yang digunakan dengan menggunakan rumus di atas kemudian dijumlahkan.

$$pc_{total} = \sum_{i=0}^{n} pc_i = pc_1 + pc_2 + \cdots + pc_n\ Watt$$

2. Hitung waktu yang diperlukan panel surya untuk memenuhi *pc* pada poin 1

   Asumsi perhitungan waktu yang dibutuhkan menggunakan satu panel surya. Panel surya yang digunakan mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

Solar Cell Specification	
Maximum Power (P_{max})	*p Watt*
Maximum Power Voltage (V_{mpp})	*v Volt*
Maximum Power Current (I_{mpp})	*i Amp*
Open Circuit Voltage	*v' Volt*
Short Circuit Current	*i' Amp*

   Berdasarkan tabel spesfikasi, diketahui panel surya memiliki *p* WP. Nilai *p* merupakan daya maksimal *(P_{max})* yang dapat dihasilkan oleh panel surya. Perhitungan waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi pc_{total} pada poin 1 (dalam satuan jam) adalah sebagai berikut:

$$Time\ (T) = \frac{pc_{total}}{P_{max}}\ Hour(s)$$

3. Hitung jumlah panel surya yang diperlukan sesuai dengan waktu penyinaran matahari efektif (penyinaran matahari maksimal)

   Waktu penyinaran matahari yang efektif *(T_{eff})* adalah pada saat tengah hari dengan perkiraan waktu 4 – 6. Penyinaran maksimal tidak dapat disama ratakan setiap harinya, tergantung dengan kondisi cuaca tempat pemasangan sistem panel surya. Jumlah panel yang dibutuhkan *(x)* dengan memperhatikan waktu efektif penyinaran dapat menggunakan perhitungan berikut:

$$x = \frac{pc_{total}}{P_{max} \times T_{eff}}$$

4. Hitung jumlah baterai yang diperlukan untuk menyimpan daya yang sesuai dengan jumlah konsumsi daya pada poin 1 (asumsi penggunaan per hari)

   Baterai digunakan untuk menyimpan daya keluaran dari panel surya. Asumsi baterai yang digunakan mempunyai spesifikasi *v* Volt dengan *a* Ah. Agar baterai tahan lama, penggunaan daya baterai hanya 50%, sehingga kebutuhan pc_{total}menjadi dua kali lipat. Perhitungan baterai yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Battery = \frac{pc_{total} \times 2}{v \times a}$$

1.3 Alat dan Bahan

a. Modul Praktikum
b. *SolarCell*
c. Kabel Penghubung
d. *Variable resistor module*
e. *Desk Lamp*
f. *Renewable energy monitor*
g. PC yang sudah terinstall Horizon Fuel Cell Technology

1.4 Langkah Percobaan

a. Hubungkan solar cell pada input *renewable energy monitor*
b. Hubungkan output *renewable energy monitor* pada *variable resistor module*
c. Hidupkan *desk lamp* dan arahkan ke solar cell
d. Hidupkan*renewable energy monitor* pada posisi computer
e. Buka software *renewable energy monitor*
f. Hubungkan *renewable energy monitor* ke PC
g. Atur port yang sesuai pada software *renewable energy monitor*
h. Klik icon connect pada software *renewable energy monitor*

Electronic laboratory

i. Atur jarak *desk lamp* dengan solar cell sejauh 0 Cm, 10 Cm, 20 Cm dan 30 Cm
j. Klik icon *play* untuk memulai trasnfer data dari solar cell ke software
k. Klik icon *record* untuk rekam data
l. Lengkapi tabel pengamatan sesuai dengan data yang telah diperoleh
m. Ulangi langkah a – l dengan kondisi *desk lamp* tertutup oleh kertas

1.5 Hasil Percobaan

a. Asumsi Cuaca Cerah

Jarak (Cm)	Hambatan (Ω)	Tegangan (Volt)	Arus (Amp)	Daya (Watt)
0	10			
	20			
10	10			
	20			
20	10			
	20			
30	10			
	20			

b. Asumsi Cuaca Berawan / Mendung

Jarak (Cm)	Hambatan (Ω)	Tegangan (Volt)	Arus (Amp)	Daya (Watt)
0	10			
	20			
10	10			
	20			
20	10			
	20			
30	10			
	20			

Electronic Laboratory

1.6 Tugas

1. Sebutkan dan jelaskan struktur dari panel surya !
2. Jelaskan cara kerja dari panel surya !
3. Jelaskan penyebab panel surya berjenis polikristal mempunyai efisiensi lebih rendah dibandingkan dengan panel surya berjenis monokristal !
4. Diketahui data berikut:

No	Nama Barang	Jumlah Barang	Kebutuhan Daya	Lama Waktu Pemakaian
1	Lampu	5	40 Watt	6 jam
2	Lampu	4	35 Watt	6 jam
3	Kulkas	1	100 Watt	12 jam
4	TV	3	32 Watt	8 jam
5	Pompa air	1	400 Watt	4 jam
6	Rice Cooker	1	375 Watt	3 Jam
7	PC	2	400 Watt	8 Jam
8	LCD	2	40 Watt	8 Jam
9	TP – link Router	1	66 Watt	24 Jam
10	AC	4	840 Watt	6 Jam

Solar Cell Specification	
Maximum Power (P_{max})	*100 Watt*
Maximum Power Voltage (V_{mpp})	*17.6 Volt*
Maximum Power Current (I_{mpp})	*5.69 Amp*
Open Circuit Voltage	*22.6 Volt*
Short Circuit Current	*6.09 Amp*

Hitunglah:

a. waktu untuk memenuhi *pc* dengan asumsi menggunakan satu panel surya

Electronic Laboratory

b. jumlah panel surya yang dibutuhkan dengan menggunakan waktu efektif
c. jumlah baterai yang harus disediakan untuk memenuhi *pc*(baterai yang digunakan 12V/100Ah

Electronic Laboratory

MODUL II
FUELL CELL

2.1 Tujuan Praktikum

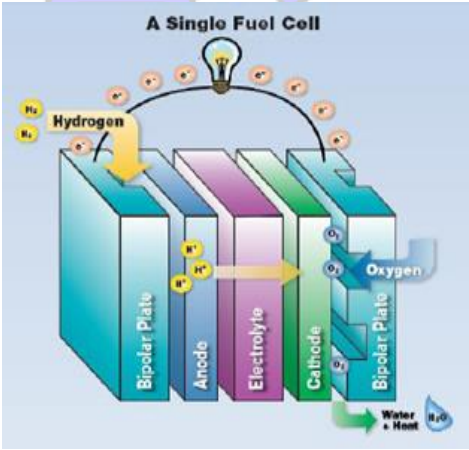
a. mahasiswa dapat mengetahui cara kerja fuell cell
b. mahasiswa dapat mengimplementasikan teori dan cara kerja fuell cell dalam uji coba nyata

2.2 Dasar Teori

a. Fuel Cell

Fuel cell adalah suatu alat elektrokimia yang secara langsung mengkonversi energi kimia yang terdapat dalam fuel cell menjadi energi listrik. Alat ini munggunakan suatu kombinasi antara bahan bakar yang dapat berupa hidrogen, propana, butana, metanol, ataupun bahan bakar diesel dengan oksigen. Bahan bakar dan oksigen tersebut direaksikan melalui elekroda-elektroda dan melewati elektroli konduktif ion (ion conducting electrolyte).

Hasil reaksi antara bahan bakar dan oksigen akan menghasilkan air yang sangat aman bagi lingkungan. Skema kerja dari fuel cell dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Penggunaan hidrogen yang terdapat pada fuel cell dapat didesain menjadi suatu sistem portable yang dapat dipindah-pindahkan serta mempunyai massa yang ringan. Berbeda dengan sistem pembakaran yang terdapat pada alat transportasi konvensional (penggunaan piston pada mobil/motor), Rangkaian fuel cell tersebut tidak mempunyai bagian yang bergerak ataupun bergetar sehingga tidak menimbulkan polusi.

Fuel cell mempunyai beberapa kelebihan, diantara lain adalah :

- Tidak mengeluarkan emisi suara (tidak berisik).
- Efesiensi energy yang cukup tinggi.
- Bebas emisi polutan sehingga tidak mencemari lingkungan.
- Dapat digunakan dalam beberbagai jenis aplikasi penggunaan.

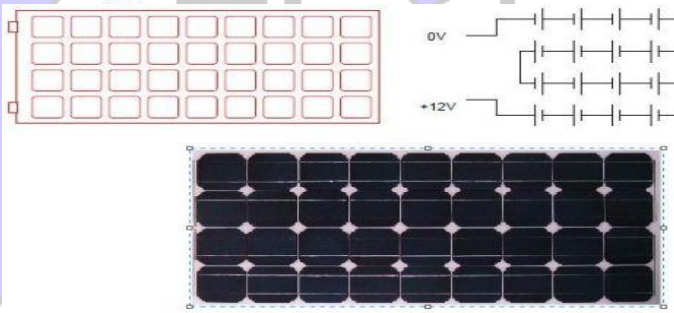
Tingginya efesiensi kerja yang sangat baik pada fuel cell dikarnakan 50-70% bahan bakar yang digunakan akan dikonversi menjadi energi listrik, bahkan hingga mencapai 90% jika dilakukan heat recovery. Fuel cell dapat diaplikasikan dalam berbagai jenis aplikasi yang menggunakan energi seperti dalam cell phones, personal computer, power station seperti pada rumah sakit, gedung perkantoran, sekolah dan juga pada kendaran transportasi seperti motor dan mobil.

b. Panel surya

Sel surya atau juga sering disebut fotovoltaik adalah divais yang mampu mengkonversi langsung cahaya matahari menjadi listrik. Sel surya bisa disebut sebagai pemeran utama untuk memaksimalkan potensi sangat besar energi cahaya matahari yang sampai kebumi, walaupun selain dipergunakan untuk menghasilkan listrik, energi dari matahari juga bisa dimaksimalkan energi panasnya melalui sistem solar thermal.

Sel surya dapat dianalogikan sebagai alat dengan dua terminal atau sambungan, dimana saat kondisi gelap atau tidak cukup cahaya berfungsi

seperti dioda, dan saat disinari dengan cahaya matahari dapat menghasilkan tegangan. Ketika disinari, umumnya satu sel surya komersial menghasilkan tegangan dc sebesar 0,5 sampai 1 volt, dan arus short-circuit dalam skala milliampere per cm2. Besar tegangan dan arus ini tidak cukup untuk berbagai aplikasi, sehingga umumnya sejumlah sel surya disusun secara seri membentuk modul surya. Satu modul surya biasanya terdiri dari 28-36 sel surya, dan total menghasilkan tegangan dc sebesar 12 V dalam kondisi penyinaran standar (Air Mass 1.5). Modul surya tersebut bisa digabungkan secara paralel atau seri untuk memperbesar total tegangan dan arus outputnya sesuai dengan daya yang dibutuhkan untuk aplikasi tertentu. Gambar dibawah menunjukan ilustrasi dari modul surya. Modul surya biasanya terdiri dari 28-36 sel surya yang dirangkai seri untuk memperbesar total daya output.

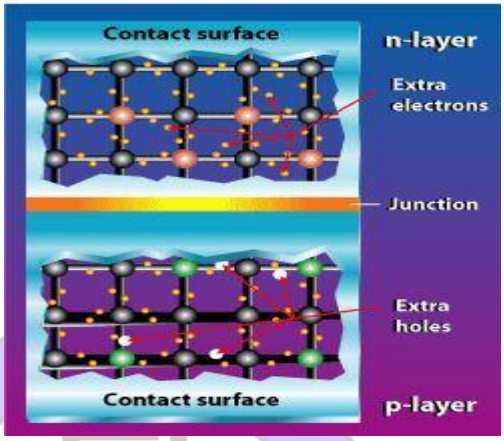


(Gambar :"The Physics of Solar Cell", Jenny Nelson).

Cara kerja sel surya

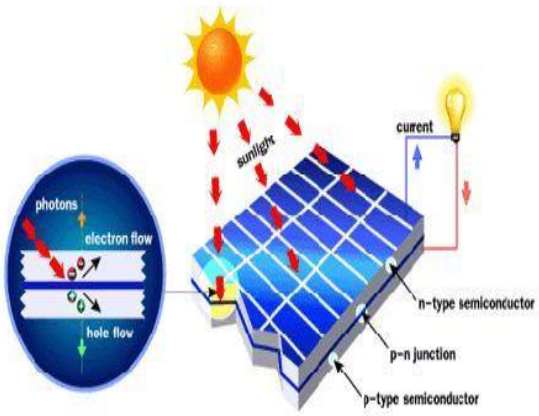
Sel surya konvensional bekerja menggunakan prinsip p-n junction, yaitu junction antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan-ikatan atom yang dimana terdapat elektron sebagai penyusun dasar. Semikonduktor tipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan semikonduktor tipe-p mempunyai kelebihan hole (muatan positif) dalam struktur atomnya. Kondisi kelebihan elektron dan hole tersebut bisa terjadi dengan mendoping material dengan atom dopant. Sebagai contoh untuk mendapatkan material silikon tipe-p, silikon didoping oleh atom boron,

sedangkan untuk mendapatkan material silikon tipe-n, silikon didoping oleh atom fosfor. Ilustrasi dibawah menggambarkan junction semikonduktor tipe-p dan tipe-n.Junction antara semikonduktor tipe-p (kelebihan hole) dan tipe-n (kelebihan elektron).



(Gambar : eere.energy.gov)

Peran dari p-n junction ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron (dan hole) bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Akibat dari aliran elektron dan hole ini maka terbentuk medan listrik yang mana ketika cahaya matahari mengenai susuna p-n junction ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik, dan sebaliknya hole bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang, seperti diilustrasikan pada gambar dibawah. Ilustrasi cara kerja sel surya dengan prinsip p-n junction.



(Gambar : sun-nrg.org)

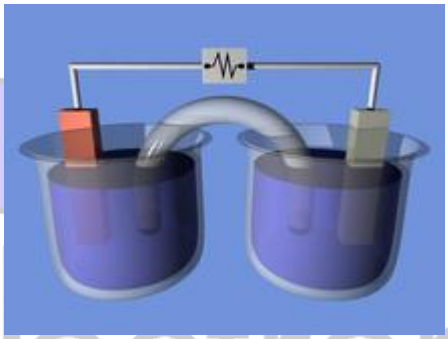
Baterai

Baterai listrik adalah alat yang terdiri dari 2 atau lebih sel elektrokimia yang mengubah energi kimia yang tersimpan menjadi energi listrik. Tiap sel memiliki kutub positif (katoda) dan kutub negatif (anoda). Kutub yang bertanda positif menandakan bahwa memiliki energi potensial yang lebih tinggi daripada kutub bertanda negatif. Kutub bertanda negatif adalah sumber elektron yang ketika disambungkan dengan rangkaian eksternal akan mengalir dan memberikan energi ke peralatan eksternal. Ketika baterai dihubungkan dengan rangkaian eksternal, elektrolit dapat berpindah sebagai ion didalamnya, sehingga terjadi reaksi kimia pada kedua kutubnya. Perpindahan ion dalam baterai akan mengalirkan arus listrik keluar dari baterai sehingga menghasilkan kerja. Meski sebutan baterai secara teknis adalah alat dengan beberapa sel, sel tunggal juga umumnya disebut baterai.

Baterai primer (satu kali penggunaan) hanya digunakan sekali dan dibuang; material elektrodanya tidak dapat berkebalikan arah ketika dilepaskan. Pengunaannya umumnya adalah baterai alkaline digunakan untuk senter dan berbagai alat portabel lainnya. Baterai sekunder (Baterai dapat diisi ulang) dapat digunakan dan diisi ulang beberapa kali; komposisi awal

elektroda dapat dikembalikan dengan arus berkebalikan. Contohnya adalah baterai timbal-asam pada kendaraan dan baterai ion litium pada elektronik portabel.

Baterai terdiri dari berbagai bentuk dan ukuran, dari sel berukuran mini untuk alat bantu pendengaran dan jam tangan hingga bank baterai seukuran ruangan yang bisa memberikan tenaga untuk pertukaran telepon dan pusat data komputer.



Baterai memiliki energi spesifik (energi per satuan massa) yang jauh lebih rendah daripada bahan bakar biasa seperti bensin. Namun, biasanya hal ini ditutup dengan efisiensi motor listrik yang lebih tinggi daripada motor bakar dalam menghasilkan kerja mekanik.

2.3 Alat dan Bahan

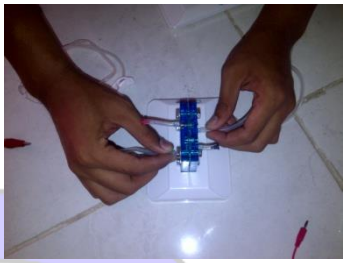
a. Modul horizon renewable energi
b. PC yang sudah terinstall software GUI Horizon
c. Multimeter digital

2.4 Langkah Percobaan

a. Siapkan alat dan bahan
b. Baca petunjuk percobaan pada modul praktikum
c. Pasangkan blok elektrolizer dan gelas ukur pada alas papan slot putih yang telah disediakan.

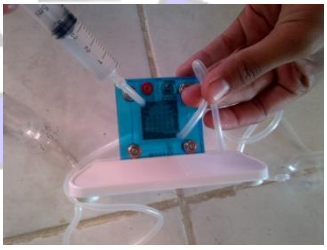
d. Pasang pada tube (saluran air) pada elektrolizer. Pada katub pojok atas pasang tube yang berukuran pendek dan pojok bawah pasangkan tube ukuran panjang dengan kedua sisi diterapkan hal yang sama.

e. Untuk ujung tube berukuran pendek tutuplah dengan penyumbat tube yang telah disediakan dengan catatan bahwa pada sisi oksigen(O_2) berwarna merah, dan sisi hidrogen(H_2) berwarna hitam dengan dilengkapi penjepit tube sebagai gate valve-nya.



f. Untuk ujung tube yang berukuran panjang, pasang rubber tube(corong), dengan perilaku yang sama antara kedua sisi elektrolizer.

g. Isi jarum suntik dengan air Destilasi atau Aqua, kemudian suntikkan pada terminal O_2 sampai kira-kira memenuhi membran didalamnya atau sampai air mulai mengalir keluar dari tube panjang. Kemudian tutup tube pengisi pada terminal O_2 dengan katup merah, biarkan selama +- 3 menit,.

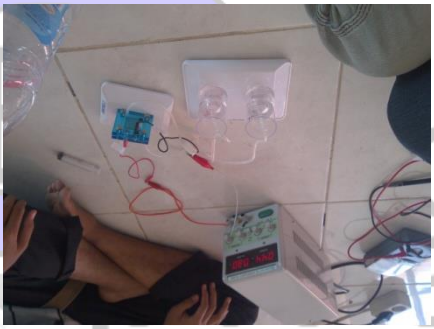


h. Isi kedua gelas ukur dengan air murni sampai mencapai titik takaran ‘0’.

i. Pasang kedua corong tersebut pada gelas ukur dengan catatan bahwa tube dari terminal O_2 merah masuk kedalam gelas ukur O_2, tube dari terminal H_2 hitam masuk kedalam gelas ukur H_2. Tekan sampai benar-benar

terpasang sempurna pada gelas ukur. Jika setelah terpasang rubber tube, air naik keatas sampai melebihi batas ‘0’, maka kurangi kadar takaran dengan disedot menggunakan suntikan.

j. Suplay elektrolizer dengan sumber listrik. Tempatkan terminal merah pada kutub positif dari supplay, kemudian terminal hitam pada kutub negatif suplay. Amati perubahan yang terjadi.

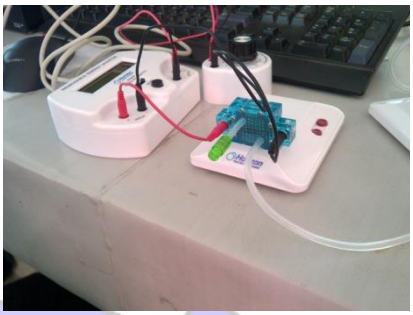


k. Jika kadar gas H_2 semakin meningkat(Ditandai dengan menurunnya permukaan air pada corong H_2), maka gas H_2 siap untuk dipindah pada elemen fuel cells.

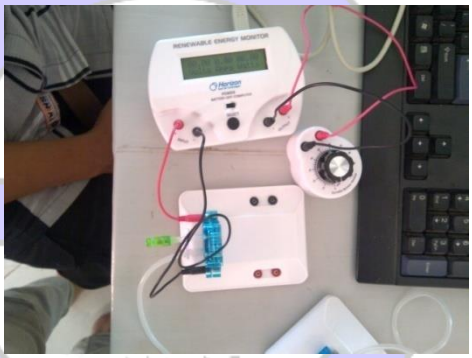
l. Tutup tube dari H_2 menggunakan valve jepit, kemudian cabut dari elektrolizer.

m. Masukkan pada terminal fuel cells pada pojok bawah, jangan lupa tutup terminal atas dengan tube yang dilengkapi dengan green valve. Amati perubahan yang terjadi.

n. Masukkan terminal output dari fuel cells menuju multimer digital yang terhubung dengan komputer.



o. Berilh nilai beban pada terminal outputan.



p. Catat pada tabel hasil percobaan.

2.5 Hasil Percobaan

Tabel Pengamatan

Vin	Time	Vout
1 V	5 menit	
2V	5 menit	
3V	5 menit	

2.6 Tugas

a. Sebutkan dan jelaskan macam-macam penggunaan fuel cells dalam skala besar dan berikan analisa keefisiensitasnya !
b. Berikan analisa AMDAL (Analisa Mengenai Dampak Lingkungan) dari pengguaan alat energe terbaharukan berbasis fuel cells !

Electronic Laboratory

MODUL III
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP (PLTU)

3.1 Tujuan Praktikum

a. Mahasiswa mampu mengetahui sistem kerja pembangkit listrik tenaga uap.
b. Mahasiswa dapat mengkonversi uap menjadi energi listrik dalam uji coba nyata.

3.2 Dasar Teori

PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) adalah pembangkit listrik yang menggunakan energi mekanik dari uap untuk disalurkan ke turbin dan menggerakan generator untuk menghasilkan energi listrik.

Adapun prinsip kerja dari PLTU adalah sebagai berikut:

- Air dipanaskan dengan suhu tertentu untuk menghasilkan uap denganpanas dan tekanan yang tinggi.
- Energi panas (uap) diubah menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran.
- Energi mekanik diubah menjadi energi listrik.

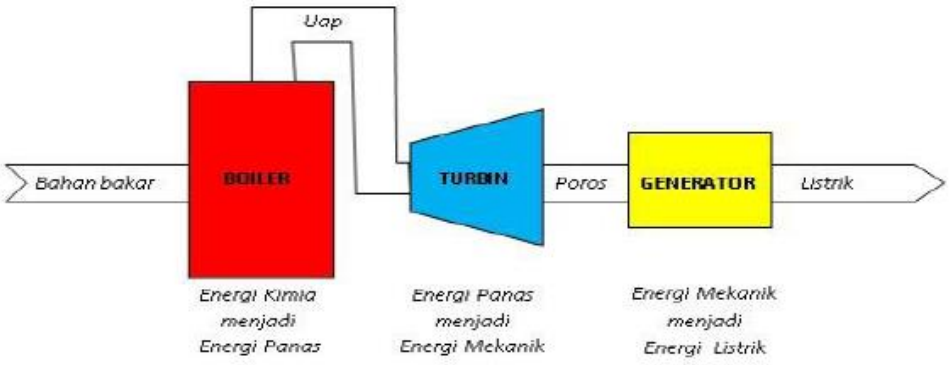


Diagram alir prinsip kerja PLTU

PLTU menggunakan fluida kerja air uap yang bersirkulasi secara tertutp. Siklus tertutup artinya menggunakan fluida yang sama secara berulang-ulang. Urutan siklusnya secara singkat adalah sebagai berikut:

- Pertama air diisikan ke boiler hingga mengisi penuh seluruh luas permukaan pemindah panas. Didalam boiler air ini dipanaskan dengan gas panas hasil pembakaran bahan bakar dengan udara sehingga berubah menjadi uap.
- Kedua, uap hasil produksi boiler dengan tekanan dan temperatur tertentu diarahkan untuk memutar turbin sehingga menghasilkan daya mekanik berupa putaran.
- Ketiga, generator yang dikopel langsung dengan turbin berputar menghasilkan energi listrik sebagai hasil dari putaran medan magnet dalam kumparan, sehingga ketika turbin berputar dihasilkan energi listrik dari terminal output generator.
- Demikian siklus ini berlangsung terus menerus dan berulang-ulang.

3.3 Alat dan Bahan

1. Modul PLTU
2. Korek Api
3. Air
4. Spirtus
5. Parafin
6. Kapas
7. Suntikan

3.4 Langkah Percobaan

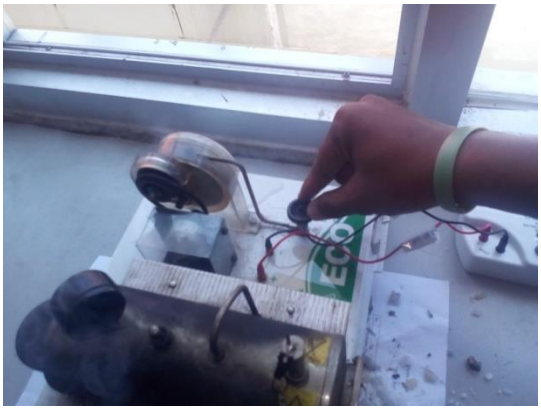
a) Siapkan alat dan bahan.
b) Isi boiler dengan air secukupnya dengan menggunakan bantuan corong atau suntikan.

c) Potong parafin kecil-kecil atau rendam kapas secukupnya dengan spirtus sebagai bahan bakar, masukkan pada tungku pembakaran.

d) Beri sedikit spiritus untuk menghidupkan lilin, lalu masukkan padalambung pembakaran.

e) Tunggu sampai air mendidih, untuk mengetahui bahwa air telah mendidihbisa dilihat pada indikator yang terpasang pada Modul.

f) Setelah air mendidih buka kran uap agar uap dapat melewati turbin.



g) Ukurlah tegangan keluaran pada generator menggunakan voltmeter.

3.5 Hasil Percobaan

Percobaan 1

Indikator Tekanan Udara (Bar)	Volt
1 Bar	
1,5 Bar	
2 Bar	
2.5 Bar	

3.6 Tugas

1. Sebutkan jenis-jenis Boiler serta jelaskan !
2. Sebutkan Kelebihan dan Kekurangan PLTU !

Electronic Laboratory

MODUL IV
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN (PLTA)

4.1 Tujuan Praktikum

a. Mahasiswa dapatmengetahui cara kerja pembangkit listrik tenaga angin (PLTA).
b. Mahasiswa dapat mengimplementasikan PLTA dalam praktikum Energi Terbarukan.

4.2 Dasar Teori

Pembangkit listrik tenaga angin adalah suatu pembangkit listrik yang menggunakan angin sebagai sumber energi untuk menghasilkan energi listrik. Pembangkit ini dapat merubah energi angin menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin atau kincir angin. Sistem pembangkitan listrik menggunakan angin sebagai sumber energi merupakan sistem alternatif yang sangat berkembang pesat, mengingat angin merupakan salah satu energi yang tidak terbatas di alam.

Pembangkit listrik tenaga angin, yang diberi nama *Wind Power System* memanfaatkan angin melalui kincir, untuk menghasilkan energi listrik. Alat ini sangat cocok sekali digunakan masyarakat yang tinggal di pulau-pulau kecil. Secara umum, sistem alat ini memanfaatkan tiupan angin untuk memutar motor. Hembusan angin ditangkap baling-baling, dan dari putaran baling-baling

tersebut akan dihasilkan putaran motor yang selanjutnya diubah menjadi energi listrik.

Suatu pembangkit listrik dari energi angin merupakan hasil dari penggabungan dari beberapa turbin angin sehingga akhirnya dapat menghasilkan listrik. Cara kerja dari pembangkitan listrik tenaga angin ini yaitu awalnya energi angin memutar turbin angin. Turbin angin bekerja berkebalikan dengan kipas angin (bukan menggunakan listrik untuk menghasilkan listrik, namun menggunakan angin untuk menghasilkan listrik). Kemudian angin akan memutar sudut turbin, lalu diteruskan untuk memutar rotor pada generator di bagian belakang turbin angin. Generator mengubah energi gerak menjadi energi listrik dengan teori medan elektromagnetik, yaitu poros pada generator dipasang dengan material ferromagnetik permanen. Setelah itu di sekeliling poros terdapat stator yang bentuk fisisnya adalah kumparan-kumparan kawat yang membentuk *loop*. Ketika poros generator mulai berputar maka akan terjadi perubahan fluks pada stator yang akhirnya karena terjadi perubahan fluks ini akan dihasilkan tegangan dan arus listrik tertentu. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan ini disalurkan melalui kabel jaringan listrik untuk akhirnya digunakan oleh masyarakat. Energi Listrik ini biasanya akan disimpan kedalam baterai sebelum dapat dimanfaatkan. Secara sederhana proses pembangkitan listrik dengan kincir angin adalah listrik dialirkan melalui kabel penyebaran yang dibagikan ke rumah-rumah, kantor, sekolah, dan sebagainya. Turbin untuk pemakaian umum berukuran 50-750 kilowatt. Sebuah turbin kecil, kapasitas 50 kilowatt, digunakan untuk perumahan, piringan parabola, atau pemompaan air.

4.3 Alat Dan Bahan

1. Modul Praktikum ET
2. Modul PLTA
3. PC yang sudah terinstal Horizon Fuel Cell Technologies.
4. Kipas angin.

4.4 Langkah Percobaan

1. Siapkan alat dan bahan.
2. Rangkailah modul PLTA yang telah disediakan.
3. Sambungkan otput dari modul PLTA ke input renewble energy moitor.
4. Sambungkan output renewble energy monitor indikator led.
5. Sambungkan power dari renewble energy monitor ke pc yang sudah terinstal Horizon Fuel Cell Technologies.
6. Nyalakan kipas angin dan arahkan ke modul PLTA yang telah dirangkai seperti gambar dibawah ini dengan jarak 40 cm.

7. Amati dan ukur yang terjadi pada ouputan yang dihasilkan.
8. Ubah baling-baling pada modul PLTA sesuai dengan percobaan yang dilakukan.
9. Ulangi percobaan langkah ke 6 dan seterusnya sampai 8.
10. Ulangi terus menerus sampai percobaannya selesai.

4.5 Hasil Percobaan

1. Percobaan 1.

   Dua baling-baling rata.

Kecepatan angin	RPM	Volt	Ampere	Watt	Indikator

2. Percobaan 2.

   3 baling-baling rata

Kecepatan angin	RPM	Volt	Ampere	Watt	Indikator

   3 baling-baling lengkung.

Kecepatan angin	RPM	Volt	Ampere	Watt	Indikator

   3 baling-baling tipis.

Kecepatan angin	RPM	Volt	Ampere	Watt	Indikator

3. Percobaan 3.

   4 Baling-baling rata

Kecepatan angin	RPM	Volt	Ampere	Watt	Indikator

4. Percobaan 4

   6 baling-baling rata.

Kecepatan angin	RPM	Volt	Ampere	Watt	Indikator

Electronic Laboratory

4.6 Tugas

1. Dari percobaan yang telah dilakukan, manakah hasil energi yang dihasilkan paling besar? Jelaskan!
2. Dari percobaan yang telah dilakukan, manakah hasil energi yang dihasilkan paling kecil? Jelaskan!

Electronic Laboratory

MODUL V
ENERGI PANAS BUMI (GEOTHERMAL ENERGY) DAN PIEZOELECTRIC

5.1 Tujuan Praktikum

a. Mahasiswa dapat mengetahui sistem kerja turbin energi panas bumi
b. Mahasiswa dapat mengetahui manfaat panas bumi sebagai sumber energi
c. Mahasiswa dapat mengetahui sistem kerja piezoelectric
d. Mahasiswa dapat mengetahui manfaat piezoelectric sebagai sumber energi

5.2 Dasar Teori

5.2.1 Energi Panas Bumi

Energi panas bumi ini berasal dari aktivitas tektonik di dalam bumi yang terjadi sejak planet ini diciptakan. Panas ini juga berasal dari panas matahari yang diserap oleh permukaan bumi. Pada saat ini paas bumi sudah mulai dmanfaatkan untuk sumber energi alternatif dan sekitar 10 Giga Watt pembangkit listrik tenaga panas bumi telah dipasang di seluruh dunia pada tahun 2007, dan menyumbang sekitar 0.3% total energi listrik dunia.

mesin kalor merupakan salah satu alat yang bisa memanfaatkan panas bumi sebagai sumbernya.

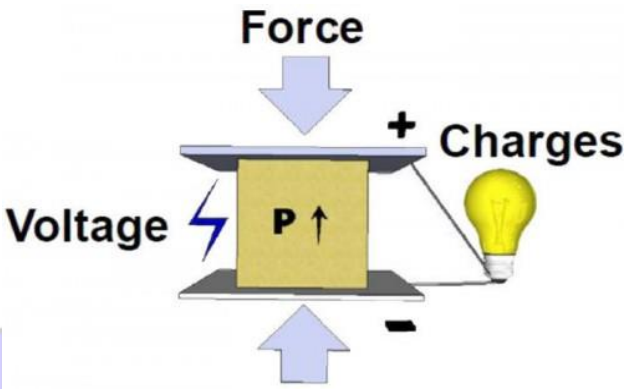
mesin kalor memiliki tiga ciri utama:

1. kalor di kirim ke mesin pada temperatur yang relatif tinggi dari suatu tempat yang disebut reservoar panas.
2. sebagian dari kalor input digunakan untuk melakukan kerja oleh working substance dari mesin yaitu materialdalam mesin yang secara aktual melakukan kerja.
3. sisa dari kalor input heat dibuang pada temperatur input ke suatu tempat yang disebut resevoar dingin.

5.2.2 Piezoelectric

Piezoelectric atau biasa disebut juga dengan efek piezoelectric adalah

muatan listrik yang terakumulasi dalam bahan padat tertentu, seperti kristal dan keramik akibat dari mechanical pressure (tekanan).



Cara Kerja Piezoelectric

Sifat efek piezoelectric berkaitan erat dengan terjadinya momen dipol listrik pada suatu padatan. Efek tersebut juga dapat dirangsang untuk ion di situs kisi kristal dengan lingkungan yang "asimetris", seperti dalam BaTiO3 dan PZTs. Kepadatan dipol atau polarisasi dapat dengan mudah dihitung pada kristal dengan menjumlahkan momen dipol per volume unit sel satuan kristal. Dipol yang berdekatan satu sama lain akan cenderung berpihak di daerah yang disebut dengan daerah Weiss Domain. Domain biasanya berorientasi acak, tetapi dapat disejajarkan dengan cara proses poling dimana medan listrik yang kuat akan diterapkan pada bahan bertemperatur tinggi. pada efek piezoelectric, perubahan polarisasi terjadi akibat dari pembebanan atau stress mekanik. Piezoelectric tidak disebabkan oleh perubahan densitas muatan dipermukaan melainkan dengan kepadatan dipol pada bulk.

5.3 Alat Dan Bahan

a. Modul ECO turbin geothermal energy
b. Heater (pemanas air)
c. Modul Piezzo Electric

5.4 Langkah Percobaan

Langkah Percobaan Geothermal

a. Siapkan air, kemudian masukan kedalam heater
b. Panaskan air sampai mendidih menggunakan heater
c. Tuangkan air dalam wadah penampung
d. Letakkan modul ECO geothermal energy diatas wadah penampung
e. Tunggu beberapa menit
f. Kemudian amati apa yang terjadi pada alat tersebut

Langkah Percobaan Piezoelectric

a. Siapkan alat piezzoelectric
b. Berikan tekanan pada permukaan alat tersebut
c. Amati apa yang terjadi pada lampu LED pada alat piezzo electric tersebut

5.5 Tugas Modul

a. Jelaskan pengaplikasian dari energi panas bumi (geothermal energy) !
b. Jelaskan pengaplikasian dari piezzo electric !

Electronic Laboratory