



PROGRAM KREATIVITAS MAHASISWA

**DISAIN MODUL SEDERHANA SEL SURYA
BERBASIS DYE BUAH BUNI**

**BIDANG KEGIATAN :
PKM-GT**

Diusulkan oleh :

Ketua	: Ida Aisyah	G74070058 (2007)
Anggota	: Nurullaeli	G74070027 (2007)
	Nissa Sukmawati	G74080002 (2008)

**INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2010**

DAFTAR ANGGOTA KELOMPOK

Ketua

- Nama : Ida Aisyah
- NIM : G74070058
- Jurusan : Fisika
- Angkatan : 2007
- Universitas/Institut/politeknik : Institut Pertanian Bogor

Anggota 1

- Nama : Nurullaeli
- NIM : G74070027
- Jurusan : Fisika
- Angkatan : 2007
- Universitas/Institut/politeknik : Institut Pertanian Bogor

Anggota 2

- Nama : Nissa sukrawati
- NIM : G74070002
- Jurusan : Fisika
- Angkatan : 2008
- Universitas/Institut/politeknik : Institut Pertanian Bogor

LEMBAR PENGESAHAN

1. Judul Kegiatan : Sel Surya Sederhana Berbasis Dye Buah Buni
2. Bidang Kegiatan : () PKM-AI () PKM-GT
3. Ketua Pelaksana Kegiatan / Penulis Utama
- a. Nama Lengkap : Ida Aisyah
 - b. NIM : G74070058
 - c. Jurusan : Fisika
 - d. Universitas/Institut/Politeknik : Institut Pertanian Bogor
 - e. Alamat Rumah dan No Tel./HP : Jl. Sawah Baru Situ Leutik No. 19 RT 02/06 Dramaga Bogor 085719146410
 - f. Alamat email : ida_aiefis44@yahoo.com
5. Anggota Pelaksana Kegiatan/Penulis : 3 orang
6. Dosen pendamping
- a. Nama Lengkap dan Gelar : Dr. Akhirudin Maddu
 - b. NIP : 19660907 199802 1 006
 - c. Alamat Rumah dan No Tel./HP : Jl. Panorama Asri No. 6 RT. 03/05 Sindangbarang, Bogor 16117

Bogor, 23 Maret 2010

Menyetujui
Ketua Jurusan/Program Studi/Departemen/
Kegiatan
Pembimbing Unit Kegiatan

Ketua Pelaksana

(Dr. Ir. Irzaman, M.Si)
NIP. 132 133 395

(Ida Aisyah)
NIM. G74070058

Pembantu atau Wakil Rektor Bidang
Kemahasiswaan/Direktur Politeknik/
Ketua Sekolah Tinggi,

Dosen Pendamping

(Prof. Dr. Ir. Yonny Koesmaryono, MSi)
NIP. 19581228 1985031 003

(Dr. Akhirudin Madu)
NIP. 19660907 199802 1 006

RINGKASAN

Krisis energi adalah masalah yang sangat fundamental, khususnya masalah energi listrik. Sumber energi listrik yang berasal dari batu bara dan minyak bumi, tidak ramah lingkungan karena menimbulkan polusi udara, dan untuk memperbaharainya memerlukan waktu yang lama. Untuk itu sumber-sumber energi baru harus didapatkan. Pemanfaatan sinar matahari sebagai sumber energi baru merupakan salah satu alternatif untuk menggantikan sumber energi minyak bumi yang semakin menipis. Salah satu piranti yang dapat mengubah energi matahari menjadi bentuk energi lain adalah sel surya. Sel surya adalah piranti yang mengubah (konversi) energi cahaya menjadi energi listrik secara langsung dengan memanfaatkan efek fotovoltaiik pada persambungan semikonduktor yang ada dalam sel tersebut (Smestad, 1998). Sel surya dapat dibuat dari bahan anorganik ataupun bahan organik. Kelemahan sel surya anorganik adalah terbatasnya bahan baku dan mahal biaya produksinya. Hal ini menyebabkan sel surya tidak terjangkau oleh sebagian besar masyarakat.

Sel surya berbahan dasar semikonduktor organik merupakan sistem sel surya alternatif yang cukup potensial untuk dikembangkan. Murah biaya produksinya dan ramahnya terhadap lingkungan merupakan alasan utama semakin intensifnya pengembangan sel surya. Penggunaan bahan organik dapat menekan harga sel surya sehingga dapat terjangkau semua kalangan. Salah satu bahan organik yang dapat dilirik menjadi dye sel surya adalah buah buni. Dye merupakan molekul pigmen atau senyawa kimia yang dapat menyerap cahaya (Smestad, 1998). Tanaman ini jarang diminati untuk dikonsumsi karena rasanya yang masam sehingga kontribusi buah ini untuk kebutuhan masyarakat belum teroptimalkan. Buah ini berwarna ungu kehitaman dan banyak mengandung antosianin. Antosianin ini baik untuk menangkap cahaya matahari yang nantinya akan dikonversi menjadi energi listrik. Kami mempunyai gagasan membuat sel surya yang murah dan efisien dengan mengkombinasikan fotoelektrokimia dan dye buah buni berupa desain modul sederhana sel surya berbasis dye buah buni.

Karya tulis ini bertujuan menggali gagasan atau ide, mengkaji, serta menganalisis, bahwa sel surya dapat dibuat lebih sederhana dan murah. Inovasi tersebut sebagai salah satu cara mengatasi masalah krisis energi. Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan karya tulis ini adalah memberikan gagasan alternatif pembuatan sel surya yang terjangkau semua kalangan. Sel surya ini mudah dibuat dan biaya pembuatannya terjangkau, karena desain yang sederhana dan menggunakan bahan organik berupa buah buni yang banyak terdapat di alam.

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah kehadiran Allah SWT atas segala nikmat dan hidayah-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah yang berjudul “Sel Surya Sederhana Berbasis Dye Buah Buni”. Karya tulis ini ditujukan dalam rangka mengikuti Program Kreatifitas Mahasiswa bidang PKM-GT yang diselenggarakan oleh Dinas Pendidikan Tinggi, Jakarta. Shalawat dan salam semoga selalu tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW dan para sahabat.

Karya tulis ini bertujuan menggali gagasan atau ide, mengkaji, serta menganalisis, bahwa sel surya dapat dibuat lebih sederhana dan murah dengan inovasi baru. Dengan adanya sel surya berbasis dye dari buah buni ini akan memberikan kontribusi dalam mengatasi masalah krisis energi. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Akhirudin Maddu, sebagai dosen pendamping yang memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis dalam melakukan penulisan, serta semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya karya tulis ini. Penulis berharap gagasan ini bermanfaat baik bagi penulis maupun bagi pembaca.

Bogor, 23 Maret 2010

Ida Aisyah
Nurullaeli
Nissa Sukmawati

DAFTAR ISI

COVER.....	i
DAFTAR ANGGOTA KELOMPOK	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
RINGKASAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
PENDAHULUAN	1
Latar Belakang.....	1
Tujuan Penulisan.....	2
Manfaat Penulisan.....	2
GAGASAN.....	3
KESIMPULAN.....	10
DAFTAR PUSTAKA	11
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	12

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur kristal.	4
Gambar 2. Sketsa struktur kristal anatase (atas) dan rutil (bawah).....	5
Gambar 3. Buah Buni.	5
Gambar 4. Karakteristik I-V sebuah sel surya.....	8
Gambar 5. Desain sel surya sederhana berbasis dye buah buni.....	8
Gambar 6. Sistematis perjalanan energi pada sel surya	9

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Krisis energi adalah masalah yang sangat fundamental, khususnya masalah energi listrik. Energi listrik merupakan energi yang sangat diperlukan untuk melakukan aktivitas sehari-hari. Sumber energi listrik yang berasal dari batu bara dan minyak bumi, tidak ramah lingkungan karena menimbulkan polusi udara, dan untuk memperbaharukannya memerlukan waktu yang lama. Penggunaan bahan bakar seperti fosil akan habis kurang lebih 17 tahun mendatang (Kadir, 1995). Untuk itu sumber-sumber energi baru harus didapatkan. Sumber energi baru ini dapat diperoleh dari kombinasi beberapa sumber energi yang telah ada atau mencari alternatif sumber energi baru.

Pemanfaatan sinar matahari sebagai sumber energi baru merupakan salah satu alternatif untuk menggantikan sumber energi minyak bumi yang semakin menipis. Tantangan terbesar pada abad 21 ini adalah membuat piranti yang dapat digunakan untuk mengubah langsung dari sumber energi matahari menjadi bentuk energi yang lebih ekonomis (Gratzel *et al*, 1998). Salah satu piranti yang dapat mengubah energi matahari menjadi bentuk energi lain adalah sel surya. Sel surya adalah piranti yang mengubah (konversi) energi cahaya menjadi energi listrik secara langsung dengan memanfaatkan efek fotovoltaiik pada persambungan semikonduktor yang ada dalam sel tersebut (Smestad, 1998).

Indonesia merupakan salah satu negara yang mengembangkan sel surya. Dengan letak Indonesia yang berada pada daerah khatulistiwa yaitu pada lintang 60 LU -110 LS dan 950 BT – 1410 BT, dan dengan memperhatikan peredaran matahari dalam setahun yang berada pada daerah 23,50 LU dan 23,50 LS maka wilayah Indonesia akan selalu disinari matahari selama 10 – 12 jam dalam sehari. Menurut pengukuran dari pusat Meteorologi dan Geofisika diperkirakan besar radiasi yang jatuh pada permukaan bumi Indonesia (khususnya Indonesia bagian timur) rata-rata kurang lebih sebesar 5,1 kWh/m² setiap hari dengan variasi bulanan sekitar 9%. (NN,1994).

Sel surya dapat dibuat dari bahan anorganik ataupun bahan organik. Kelemahan sel surya anorganik adalah terbatasnya bahan baku dan mahalnya biaya produksi. Energi dan teknologi canggih banyak dibutuhkan dalam pembuatan sel surya anorganik, khususnya memerlukan kondisi seperti suhu tinggi sekitar 400 – 1400 °C dan kondisi vakum yang tinggi (Petritsch, 2000). Sel surya silikon yang menempati 90% pangsa pasar sel surya saat ini, dalam proses produksinya membutuhkan biaya yang mahal. Proses pembuatan silikon sejak dari penambangan, pemurnian dan pemotongan inilah yang memiliki andil sekitar 65% dari total harga sebuah sel surya. Data tahun 2004 mengenai harga silikon dunia dengan kadar tersebut kira-kira US\$ 50/kg dan terus meningkat dikarenakan adanya permintaan industri semikonduktor maupun elektronik. Pemrosesan seperti pembuatan sel dan enkapsulasi sel surya masing-masing menyumbang 10% dan 25% dari total harga sel surya. Secara kasar, saat ini harga sebuah sel surya sekitar US\$ 4-5/Watt, belum termasuk pendukungnya. Hal ini menyebabkan sel surya tidak terjangkau oleh sebagian besar masyarakat.

Oleh karena itu diperlukan jenis sel surya baru yang dapat mengurangi permasalahan pada sel surya anorganik. Sel surya berbahan dasar semikonduktor organik merupakan sistem sel surya alternatif yang cukup potensial untuk dikembangkan. Murahanya biaya produksi dan ramahnya terhadap lingkungan merupakan alasan utama semakin intensifnya pengembangan sel surya . Hingga saat ini capaian performa sel surya organik masih jauh dibandingkan sel surya konvensional berbahan semikonduktor anorganik, yaitu efisiensi dan stabilitasnya masih rendah. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk meningkatkan kestabilan sel surya berbahan dasar organik dengan memodifikasi bahan penyusun sel surya agar memiliki kestabilan yang tinggi.

Saat ini pengembangan sel surya organik sangat pesat dikembangkan di seluruh dunia. Pengembangan dilakukan pada berbagai aspek seperti penggunaan bahan organik, struktur sel surya dan metode pabrikan yang sangat variatif. Bahan-bahan yang telah diteliti untuk sel surya merupakan bahan organik sintesis sehingga biayanya relatif lebih mahal. Indonesia adalah negara yang mempunyai kekayaan alam berlimpah. Masih banyak kekayaan alam yang belum dimanfaatkan secara maksimal atau bahkan belum tersentuh. Penggunaan bahan organik dapat menekan harga sel surya sehingga dapat dijangkau semua kalangan. Salah satu bahan organik yang dapat diririk menjadi dye sel surya adalah buah buni. Dye merupakan molekul pigmen atau senyawa kimia yang dapat menyerap cahaya (Smestad, 1998). Buah buni tersebar di Asia Tenggara dan Australia, di Jawa tumbuh liar di hutan atau ditanam di halaman. Tanaman ini jarang diminati untuk di konsumsi karena rasanya yang masam sehingga kontribusi buah ini untuk kebutuhan masyarakat belum teroptimalkan. Buah ini berwarna ungu kehitaman dan banyak mengandung antosianin. Antosianin ini baik untuk menangkap cahaya matahari yang nantinya akan dikonversi menjadi energi listrik.

Tujuan Penulisan

Karya tulis ini bertujuan menggali gagasan atau ide, mengkaji, serta menganalisis, bahwa sel surya dapat dibuat lebih sederhana dan murah dengan memanfaatkan sel surya dari bahan organik berbasis dye buah buni yang banyak terdapat di alam dan belum dimanfaatkan secara optimal. Desain modul sederhana sel surya berbasis dye buah buni ini sebagai inovasi dan salah satu cara mengatasi masalah krisis energi.

Manfaat Penulisan

Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan karya tulis ini adalah memberikan gagasan alternatif pembuatan sel surya yang terjangkau semua kalangan. Gagasan tertulis ini diharapkan dapat meningkatkan martabat dan daya saing bangsa dalam hal riset menangani krisis energi di dunia. Selain itu, inovasi ini ke depannya diharapkan dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

GAGASAN

Sel surya merupakan suatu piranti yang dapat mengkonversi energi cahaya menjadi energi listrik. Berkurangnya cadangan bahan bakar minyak sebagai sumber energi utama dunia semakin meningkatkan perkembangan dan pendayagunaan sel surya. Suplai energi surya dari sinar matahari yang diterima oleh permukaan bumi, luar biasa besarnya yaitu mencapai 3×10^{24} joule pertahun. Jumlah energi sebesar itu setara dengan 10.000 kali konsumsi energi di seluruh dunia saat ini. Dengan kata lain, dengan menutup 0,1% saja permukaan bumi dengan divais sel surya yang memiliki efisiensi 10% sudah mampu untuk menutupi kebutuhan energi di seluruh dunia saat ini (Gratzel, 2001) Perkembangan yang pesat dari industri sel surya (solar sel) pada tahun 2004 telah menyentuh level 1000 MW yang membuat banyak kalangan semakin melirik sumber energi masa depan yang sangat menjanjikan ini.

Cara kerja sel surya adalah dengan memanfaatkan teori cahaya sebagai partikel. Sebagaimana diketahui bahwa cahaya baik yang tampak maupun yang tidak tampak memiliki dua buah sifat yaitu dapat sebagai gelombang dan dapat sebagai partikel yang disebut dengan photon. Penemuan ini pertama kali diungkapkan oleh Einstein pada tahun 1905. Energi yang dipancarkan oleh sebuah cahaya dengan frekuensi ν dan panjang gelombang λ dirumuskan dengan persamaan:

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda} \quad (1)$$

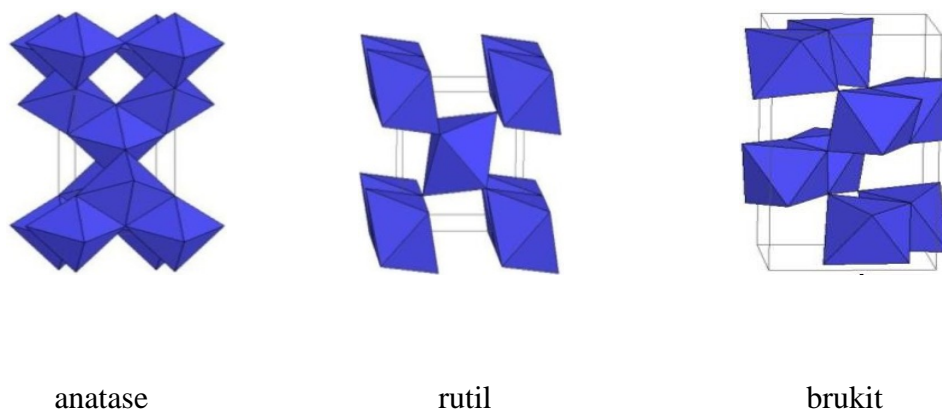
Dengan h adalah konstanta *Plancks* (6.62×10^{-34} J.s) dan c adalah kecepatan cahaya dalam vakum (3.00×10^8 m/s). Persamaan di atas juga menunjukkan bahwa photon dapat dilihat sebagai sebuah partikel energi atau sebagai gelombang dengan panjang gelombang dan frekuensi tertentu (Rabani, 2002). Dengan menggunakan sebuah divais semikonduktor yang memiliki permukaan yang luas dan terdiri dari rangkaian dioda tipe p dan n, cahaya yang datang akan mampu dirubah menjadi energi listrik.

Dalam pembuatan piranti konversi energi harus mempertimbangkan kelestarian lingkungan. Piranti konversi energi ini dapat memanfaatkan bahan-bahan alam yang ramah lingkungan, sehingga disamping memberikan solusi krisis energi dan global warming juga dapat meningkatkan nilai tambah bahan-bahan alam atau organik. Sel surya organik mempunyai kelebihan dibandingkan dengan sel surya konvensional. Sebagian bahan penyusun sel surya organik berasal dari alam sehingga mudah untuk didapat dan ramah lingkungan, energi dan teknologi yang digunakan untuk membuat sel surya organik lebih sedikit dibandingkan dengan sel surya konvensional (Petritsch, 2000). Sedangkan kelemahannya adalah kestabilan tegangan dan arus serta efisiensi konversi sel surya organik lebih rendah dibandingkan dengan sel surya konvensional.

Sel surya organik yang umumnya dibuat membutuhkan proses yang cukup kompleks. Kami mempunyai gagasan membuat sel surya yang murah dan efisien dengan mengkombinasikan fotoelektrokimia dan dye buah buni. Buah buni merupakan buah lokal berwarna ungu kehitaman dan rasanya masam. Buah ini banyak mengandung antosianin yang bermanfaat menangkap cahaya matahari yang nantinya akan dikonversi menjadi energi listrik.

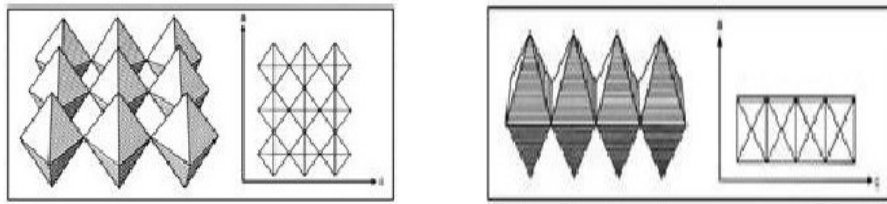
Pembuatan sel surya sederhana berbasis dye buah buni membutuhkan beberapa tabung kaca kecil berdiameter 1 cm, Cu berlapis nano kristal TiO_2 , serabut kawat berbahan Cu, gel polimer, antosianin buah buni, kabel, penjepit buaya dan voltmeter. Tabung kaca kecil digunakan untuk media gel NaCl, yang nantinya akan disusun secara paralel untuk mengakumulasikan tegangan menjadi lebih besar.

Cu berlapis nanokristal dibuat dengan terlebih dahulu membuat pasta TiO_2 . Salah satu material yang biasa digunakan sebagai pigmen pemutih pada cat atau kertas ini, selain murah dan tidak beracun sehingga memungkinkan untuk digunakan pada berbagai produk kosmetik, pasta gigi, industri kertas, dan lainnya. Pendeposisian lapisan TiO_2 pada substrat konduktif transparan berfungsi sebagai elektroda, fotovoltaiik nanosel, membran ultrafiltrasi, fotokatalis untuk menghilangkan polusi di udara dan air, sebagai selaput tipis yang digunakan untuk sensor gas, dan peralatan semikonduktor lainnya. TiO_2 memiliki tiga struktur kristal yaitu anatase, rutil, dan brukit. Hanya rutil dan anatase yang memiliki tingkat kestabilan yang cukup tinggi. Struktur anatase dan rutil dapat digambarkan sebagai rantai oktahedron TiO_6 . Kedua struktur tersebut dibedakan oleh distorsi oktahedral dan pola susunan rantai oktahedralnya. Setiap ion Ti^{4+} dikelilingi oleh 6 ion O^{2-} . Oktahedral pada struktur rutil mengalami sedikit distorsi ortorombik, sedangkan pada anatase distorsi ortorombiknya cukup besar sehingga relatif tidak simetri. Jarak antara Ti-Ti anatase lebih besar dari rutil (3.79 Å dan 3.04 Å dengan 3.57 Å dan 2.96 Å), sedangkan jarak Ti-O anatase lebih kecil dari rutil (1.934 Å dan 1.980 Å dengan 1.949 Å dan 1.980 Å). Pada struktur rutil setiap oktahedron dikelilingi 10 oktahedron tetangganya sedangkan pada struktur anatase setiap oktahedron hanya dikelilingi 8 oktahedron lainnya (Gunlazuardi, 2001). Gambar di bawah ini menunjukkan ketiga struktur kristal anatase, rutil, dan brukit.



Gambar 1. Struktur kristal TiO_2 (ruby.colorado.edu/smyth/min/tio2.html).

Besar celah energi (E_g) untuk struktur anatase $E_g = 3,2$ eV sedangkan rutil $E_g = 3,0$ eV. Bentuk kristal anatase diamati terjadi pada pemanasan TiO_2 bubuk mulai dari suhu 120 °C dan mencapai sempurna pada suhu 500 °C. Fase Rutil terbentuk ketika suhu mencapai 700 °C (Tjahjanto et al,2001).



Gambar 2. Sketsa struktur kristal anatase (atas) dan rutil (bawah). (www.nl.ind.com/kronos dalam Jarnuzi, 2001)

Pembuatan pasta TiO_2 dengan mencampurkan 0,5 g bubuk TiO_2 nanokristal (P25 Degussa) dengan 0,5 ml asetil aseton dan satu tetes Triton X-100. Ke dalam larutan tersebut ditambahkan aquades 0,3 ml kemudian digerus secara perlahan hingga menjadi pasta. Batang Cu terlebih dahulu direndam di dalam etanol selama sepuluh menit kemudian dibilas dengan aquades dan dikeringkan. Batang Cu dicelupkan ke dalam pasta TiO_2 , didiamkan sekitar sepuluh menit hingga mengering.

Gel polimer berupa elektrolit padat yang digunakan berbasis polimer PEG (polyethylene glycol) dengan berat molekul (BM) 4000. Sebanyak 7 g PEG dilarutkan dengan 25 ml kloroform hingga membentuk gel, selanjutnya dimasukkan beberapa tetes larutan Iodolyte (Solaronix) yang mengandung elektrolit redoks I/I_3^- . Campuran tersebut diaduk dengan pengaduk magnetik sambil dipanaskan pada suhu 80°C selama satu jam hingga homogen dan membentuk gel.

Dye merupakan molekul pigmen atau senyawa kimia yang dapat menyerap cahaya (Smestad, 1998). Dalam gagasan ini, dye dibuat dari antosianin buah buni. Nama tanaman buni (*Antidesma bunius* (L.) Spreng). Nama lokal barune, huni, h. gedeh, h. wera (Sunda), wuni (Jawa), burneh (Madura), buni, katakuti, kutikata (Maluku). Tanaman ini tersebar di Asia Tenggara dan Australia, di Jawa tumbuh liar di hutan atau ditanam di halaman dan dapat ditemukan dari dataran rendah sampai 1.400 m. Daun tunggal, bertangkai pendek, bentuknya bulat telur sungsang sampai lanset, panjang 9-25 cm, tepi rata agak bergelombang, ujung meruncing, dan pangkal tumpul. Daun muda warnanya hijau muda, setelah tua menjadi hijau tua. Pohon buni mempunyai tinggi 15-30 m. Buni berumah dua, bunga dalam tandan, dan keluar dari ketiak daun atau di ujung percabangan. Buahnya kecil-kecil panjang sekitar 1 cm, bentuknya elips berwarna hijau, bila masak menjadi ungu kehitaman, dan rasanya manis sedikit asam. Biji pipih dengan rusuk berbentuk jala (<http://www.indonesiaindonesia.com/f/8991-tanaman-buni/>).



Gambar 3. Buah Buni

Buah Buni digerus dengan sebuah mortar hingga halus, selanjutnya direndam (maserasi) di dalam pelarut yang terdiri dari 50 ml metanol, 8 ml asam asetat, dan 42 ml aquades selama 24 jam. Selama perendaman, larutan ekstrak antosianin harus disimpan di tempat gelap. Setelah direndam selama 24 jam, selanjutnya ekstrak dye antosianin disaring menggunakan kertas saring ke dalam botol berwarna gelap atau botol yang telah dilapisi aluminium foil. Kemudian larutan ekstrak dye antosianin diukur pH-nya menggunakan pH Indikator Acilit (pH 0-6 MERCK). Setelah itu larutan ekstrak dye antosianin diuji spektrum serapan optiknya dengan spektrofotometer UV-Vis. Lapisan dye yang digunakan merupakan lapisan tunggal (*monolayer*) dye dan berfungsi sebagai *absorber* sinar matahari yang utama. Fungsi dye disini berfungsi untuk menyerap energi cahaya matahari sehingga menghasilkan aliran elektron.

Pemilihan dye mempertimbangkan kemampuan bahan dalam menyerap cahaya matahari. Jika suatu radiasi elektromagnetik menimpa suatu materi dan pada materi tersebut terjadi serapan selektif, materi akan menyerap komponen radiasi pada panjang gelombang yang berbeda dan dalam jumlah yang berbeda pula. Perubahan tingkat serapan sebagai fungsi panjang gelombang disebut sebagai spektrum serapan. Spektrum serapan merupakan karakteristik kualitas suatu bahan. Tingkat serapan cahaya pada panjang gelombang tertentu dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi suatu sampel. Dasar penentuan kuantitatif metode spektrofotometri adalah Hukum Beer :

$$I = I_0 \exp(-\epsilon cl) \quad (2)$$

sehingga diperoleh

$$A = \log \frac{I_0}{I} = \epsilon cl \quad (3)$$

dimana A adalah absorbansi sampel, I_0 adalah intensitas tanpa serapan, I adalah intensitas cahaya yang keluar lewat larutan sampel, l adalah ketebalan lapisan larutan sampel (cm), dan ϵ adalah koefisien serapan molekul dan c adalah konsentrasi (molaritas) (Setiawati *et al*, 2002).

Batang Cu berlapis TiO_2 diberi lapisan tipis dye buah buni dengan cara mencelupkan batang Cu berlapis TiO_2 ke dalam dye buah buni yang telah dibuat. Setelah pencelupan, dye yang menempel dibiarkan sampai kering.

Elektrolit gel polimer dimasukkan kedalam tabung kaca kecil, kemudian batang Cu yang telah diberi lapisan dan serabut kawat berbahan Cu ditanam ke dalam gel polimer. Gel dibiarkan sampai kering. Sel surya yang telah dibuat ini diletakkan langsung dibawah sinar matahari. Untuk mengetahui tegangan dan arus, sel surya dihubungkan dengan voltmeter dan ampermeter. Tegangan yang besar dapat diperoleh dengan merangkai beberapa sel surya secara paralel. Sel surya ini langsung dapat digunakan untuk sumber listrik.

Karakteristik arus-tegangan sebuah sel surya p-n ketika tidak disinari sama dengan karakteristik hubungan arus-tegangan sebuah dioda ideal yang dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$I = -I_{sc} \left[\exp\left(\frac{qV}{nkT}\right) - 1 \right] \quad (4)$$

dimana q adalah elemen muatan, k adalah konstanta Boltzman, T adalah suhu mutlak I_{sc} adalah arus jenuh (*saturasi*) dari persambungan dan n adalah faktor dioda.

Ketika sel surya p-n disinari, maka akan muncul arus foto (*photocurrent*) akibat pembangkitan arus oleh foton ($h\nu$), sehingga persamaan menjadi

$$I = I_{ph} - I_{sc} \left[\exp\left(\frac{qV}{nkT}\right) - 1 \right] \quad (5)$$

dengan I_{ph} adalah arus foto, I_0 adalah arus saturasi dan V adalah tegangan bias. Untuk $I_{ph} \gg I_{sc}$, persamaan menjadi

$$I \cong I_{ph} - I_{sc} \left[\exp\left(\frac{qV}{nkT}\right) \right] \quad (6)$$

Pada rangkaian buka (*open circuit*), $I = 0$ diperoleh

$$V_{oc} = \frac{nkT}{q} \ln \left[\frac{I_{ph}}{I_{sc}} \right] \quad (7)$$

dimana V_{oc} adalah tegangan rangkaian terbuka (*open circuit*). Sedangkan pada rangkaian pendek (*short circuit*), $V = 0$ diperoleh $I_{sc} = I_{ph}$ dengan I_{sc} adalah arus rangkaian pendek (*short circuit current*).

Efisiensi konversi merupakan aspek yang menjadi perhatian utama dalam sebuah sel surya, yaitu kemampuan sebuah piranti sel surya untuk mengkonversi energi cahaya menjadi energi listrik dalam bentuk arus dan tegangan listrik. Efisiensi konversi energi sebuah sel surya dapat ditulis dalam persamaan :

$$\text{Efisiensi } (\eta) = \frac{P_{max}}{P_{in}} \times 100\% \quad (8)$$

dengan P_{max} adalah daya maksimum yang dihasilkan. P_{max} diberikan oleh persamaan :

$$P_{max} = V_{max} \times I_{max} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \quad (9)$$

Dari persamaan (9) ini dapat ditulis persamaan untuk *fill factor* (FF) yaitu :

$$FF = \frac{V_{max} \times I_{max}}{V_{oc} \times I_{sc}} \quad (10)$$

Dari persamaan (8) dan (9), maka efisiensi konversi energi sel surya dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{V_{max} \times I_{max}}{P_{in}} \times 100\% \quad (11)$$

dimana P_{in} adalah daya energi cahaya (matahari) yang tiba pada permukaan sel surya. P_{in} ditentukan dengan menggunakan persamaan :

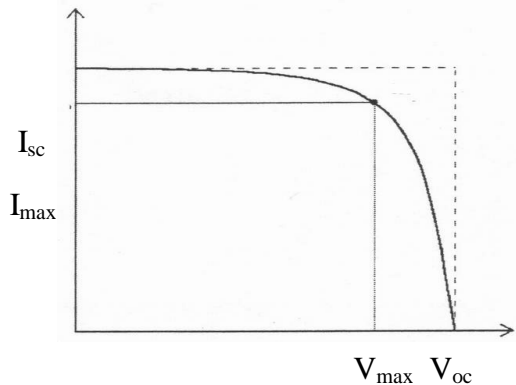
$$P_{in} = \text{Intensitas} \times A \quad (12)$$

dimana A adalah luas sel surya yang disinari. Persamaan (12) diatas dapat juga ditulis sebagai berikut :

$$\eta = \frac{V_{oc} \times I_{sc} \times FF}{P_{in}} \times 100\% \quad (13)$$

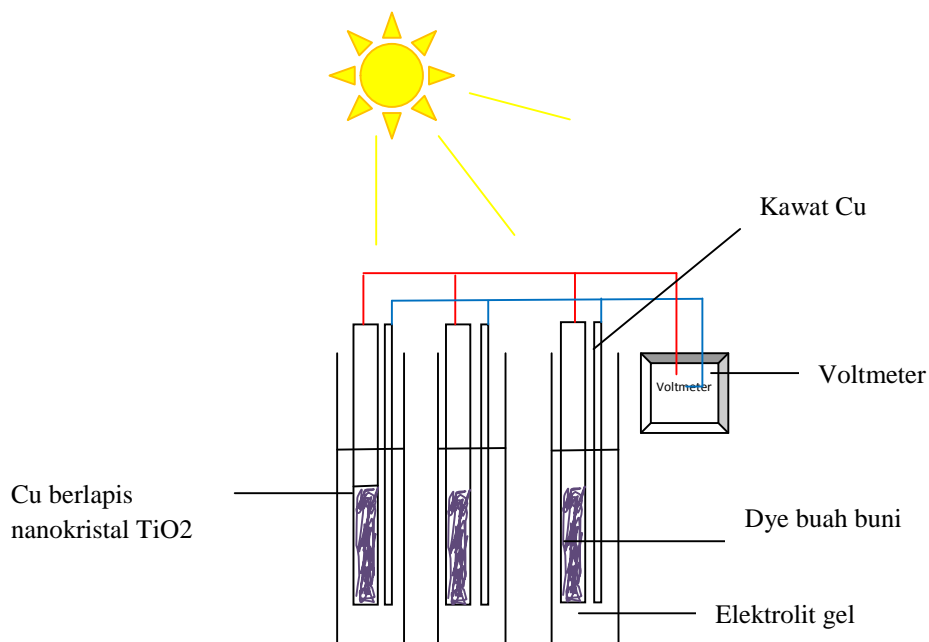
Karakteristik arus-tegangan sebuah sel surya ketika disinari digambarkan pada kurva berikut ini :

ketika disinari digambarkan pada kurva berikut ini :



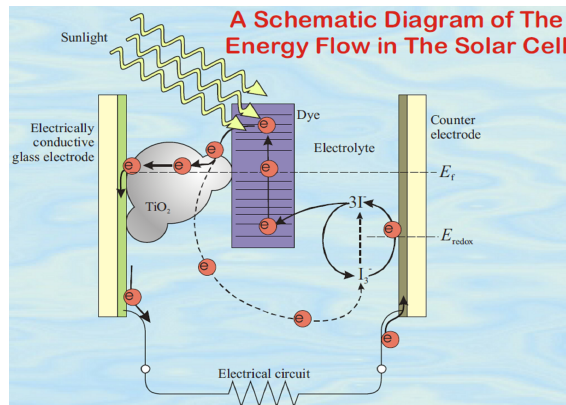
Gambar 4. Karakteristik I-V sebuah sel surya

Prinsip kerja sel surya ini mirip dengan mekanisme dari fotosintesis, yaitu energi cahaya diserap oleh dye yang menghasilkan aliran elektron ke elektroda Cu yang bertindak sebagai kolektor elektron. Sel surya mengubah energi cahaya menjadi energi listrik dengan prinsip sebagai berikut, ketika terjadi absorpsi sejumlah cahaya oleh dye, energi cahaya ditransfer pada elektron yang terdapat pada molekul dye. Elektron tersebut akan tereksitasi dan memiliki energi untuk berpindah melalui batang berlapis TiO_2 dan dye akan mengalir melalui rangkaian luar, sedangkan muatan positif akan berpindah dari dye teroksidasi menuju elektrolit gel polimer.



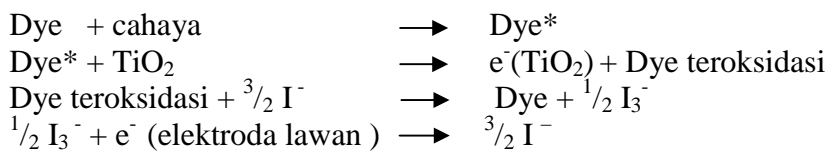
Gambar 5. Desain sel surya sederhana berbasis dye buah buni

Elektron akan mengalir menuju elektroda *counter*, kemudian elektron akan ditransfer melalui ion iodide yang terdapat pada elektrolit gel polimer menuju molekul *dye* untuk menggantikan elektron yang hilang. Dye akan kembali siap untuk mengkonversi cahaya menjadi listrik. Jumlah sel surya bisa dirangkai parallel sebanyak mungkin untuk mendapatkan tegangan yang lebih besar.



Gambar 6. Sistematis perjalanan energi pada sel surya

Reaksi yang terjadi dalam sel surya nanokristal TiO_2 tersensitisasi dye untuk menghasilkan energi ,yaitu ;



Dari penjelasan tentang prinsip kerja sel surya nanokristal TiO_2 tersensitisasi dye, partikel TiO_2 menggantikan karbondioksida (CO_2) berperan sebagai akseptor elektron, iodide dan triiodide ($\text{I}^- / \text{I}_3^-$) menggantikan air dan oksigen berperan sebagai donor elektron (Cherepy *et al*, 1997).

Ketika dye dikenai cahaya berupa energi foton, maka elektron dalam dye akan tereksitasi dari tingkat HOMO ke tingkat LUMO. Elektron dalam dye yang tereksitasi tersebut akan terinjeksi ke TiO_2 , pelepasan elektron dari dye tereksitasi ke TiO_2 akan menghasilkan dye teroksidasi. Dye yang teroksidasi inilah yang akan melakukan proses oksidasi terhadap iodide menjadi triiodide. Di dalam elektroda counter, triiodide akan mengalami regenerasi kembali menjadi iodide karena adanya penambahan elektron yang mengalir melalui rangkaian luar. Dye berperan sebagai pompa fotoelektrokimia yang mengakibatkan eksitasi elektron ke tingkat energi yang lebih tinggi dengan menggunakan energi dari cahaya yang diserap (Smested, 1998). Dengan pembuatan sel surya ini, dapat menambah daftar solusi untuk mengatasi krisis energi yang lebih murah dan sederhana.

KESIMPULAN

Sel surya merupakan suatu piranti yang dapat mengkonversi energi cahaya menjadi energi listrik. Piranti ini dapat dibuat dari bahan anorganik ataupun bahan organik. Kelemahan sel surya anorganik adalah terbatasnya bahan baku dan mahalnya biaya produksi. Oleh sebab itu diperlukan sel surya yang murah dan banyak tersedia di alam. Sel surya sederhana berbasis dye buah buni merupakan inovasi yang dapat mengatasi permasalahan tersebut. Sel surya ini mudah dibuat dan biaya pembuatannya terjangkau, karena desain yang sederhana dan menggunakan bahan organik berupa buah buni yang banyak terdapat di alam. Dengan adanya inovasi ini akan mengurangi krisis energi dunia, sehingga kesejahteraan rakyat akan meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Cherepy, N. J., Greg P. Smestad, M. Gratzel, Jin Z. Zhang.** 1997. *Ultrafast Electron Injection : Implications for a Photoelectrochemical Cell Utilizing an Anthocyanin Dye-Sensitized TiO₂ Nanocrystalline Electrode.* J. Phys. Chem. **101**: 9342-9351.
- Dai, Q., Joseph Rabani.** 2002. *Photosensitization of Nanocrystalline TiO₂ Films by Anthocyanin Dyes.* J. Photochem. Photobiol. **148**:17-24
- Gratzel, M., Greg P. Smestad.** 1998. *Demonstrating Electron Transfer and Nanotechnology : A Natural Dye-Sensitized Nanocrystalline Energy Converter.* J. Chem. Educ. **75**:752-756.
- Kadir., NN.**1995. *Latar Belakang Krisis Energi.* [html].
<http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-7553-4205100005-bab1.pdf>
- M. Gratzel.** 2001. *Teknologi Sel Surya untuk Energi Masa Depan.* [html].
<http://www.kamusilmiah.com/politik/teknologi-sel-surya-untuk-energi-masa-depan/>
- Petritsch.** 2000. *Prosiding Seminar Nasional BioEnergi.* [html]. <http://www.scribd.com/doc/12991489/Prosiding-Seminar-Nasional-BioEnergi>
- Setiawati, Teti, Deden Saprudin, Latifah K. Darusman.** 2002. *Penuntun Praktikum Elektroanalitik & Spektroskopi I D₃ Analisis Kimia.* Jurusan Kimia FMIPA IPB, Indonesia.
- Smestad, G. P.** 1998. *Education and Solar Conversion : Demonstrating Electron Transfer.* Solar Energy Materials and Solar Cells. **55**:157-158.
- Tjahjanto, R. Triandi., Jarnuzi Gunlazuardi.** 2001. *Preparasi Lapisan Tipis TiO₂ sebagai Fotokatalis : Keterkaitan antara Ketebalan dan Aktivitas Fotokatalisis.* Jurnal Penelitian Universitas Indonesia. **5**:81-91.
- University of Colorado.** 1999. *Mineral Structure and Property Data.* [html]. <http://ruby.colorado.edu/~smyth/min/tio2.html>. [20 Juli 2003]
<http://www.indonesiaindonesia.com/f/8991-tanaman-buni/>

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Ketua

Nama : Ida Aisyah
 Tempat, tanggal lahir : Bogor, 23 Juli 1989

Karya-karya ilmiah yang pernah dibuat :

- Bahan Pengawet Alami dari Destilat Tempurung Kelapa

Penghargaan-penghargaan ilmiah yang pernah diraih :

- Asisten Praktikum Fisika Dasar TPB

Anggota 1

Nama : Nurullaeli
 Tempat, tanggal lahir : Temanggung, 21 Agustus 1989

Karya-karya ilmiah yang pernah dibuat :

- Pasta Gigi Berbahan Dasar Silikon dari Sisa Pembakaran Tungku Sekam
- Biomassa Kotoran Kuda Sebagai Bahan Dasar Pembangkit Gas Metana
- Nuclear Power Plants (PLTN) as Solution Global Warming And Energy Crisis

Penghargaan-penghargaan ilmiah yang pernah diraih :

- Masuk IPB lewat jalur USMI
- Finalis Mahasiswa Berprestasi Fisika IPB 2010
- Asisten Praktikum Fisika Dasar TPB
- Asisten Praktikum Gelombang Fisika IPB
- Penyaji dan Pembahas Soal TRY OUT Fisika Dasar TPB IPB
- Pengajar Les Fisika Dasar

Anggota 2

Nama : Nissa Sukmawati
 Tempat, tanggal lahir : Tempino, 9 Maret 1990

Penghargaan-penghargaan ilmiah yang pernah diraih :

- Juara 1 Olimpiade Fisika SMA Tingkat Kabupaten Batanghari Tahun 2007
- Masuk IPB lewat jalur USMI
- Asisten Praktikum Fisika Dasar TPB