

Modul Pembelajaran

ENERGI TERBARUKAN, SOLAR PV, DAN SOLAR CELL

Pembelajaran Berbasis Eksplorasi dan Praktik
Energi Surya



TIM PENYUSUN

Penyusun Modul:

Ayu Shimma Dyanna Mahardika An-Nuuru, S.T.
Amanda Shafira Prasetya, S.Kom.

Tim Ahli Dosen:

Ir. Gede Widia Pratama Adhyaksa, Ph.D.
Yudi Rahmawan, Ph.D.
Dr. Eng. Tirta Rona Mayangsari, S.Si., M.Si.
Dr. Ir. Farah Mulyasari, S.T., M.Sc.
Muhammad Nur Ahadi, M.I.Kom.
Ita Musfirowati Hanika, S.A.P., M.I.Kom.

Editor:

Rima Shallu Zevita, S.T.

Hak Cipta milik:

Universitas Pertamina

info@universitaspertamina.ac.id



KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas tersusunnya **Modul Pembelajaran Energi Terbarukan, Solar PV, dan Solar Cell**. Modul ini disusun menggunakan bahasa sederhana dan ilustrasi menarik agar siswa mudah memahami dasar-dasar energi bersih serta menumbuhkan kepedulian terhadap lingkungan.

Penyusunan modul ini diinisiasi oleh kerja sama **Universitas Pertamina** dengan **Universiti Tenaga Nasional (UNITEN)** dan **SMPN 161 Jakarta** pada bulan Februari sampai dengan Oktober 2025, yang memperkaya isi sekaligus memperkuat jejaring akademik di bidang energi terbarukan.

Semoga modul ini menjadi bahan belajar yang bermanfaat dan menginspirasi generasi muda untuk berperan aktif dalam transisi energi berkelanjutan. Terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung penyusunan modul ini.

APA SIH YANG AKAN KITA PELAJARI?



05

Kenalan dengan Energi Terbarukan 🌍

Yuk kita pelajari tentang energi dari alam yang nggak akan habis!



14

Pelajari lebih lanjut mengenai Solar PV ☀️

Bagaimana sinar matahari bisa jadi listrik?



23

DSSC: Panel Surya dari bahan alam 🌿

Yuk kenalan dengan DSSC, panel surya yang pakai bahan alami seperti daun dan buah!



Modul Pembelajaran **YUK KENALAN DENGAN ENERGI TERBARUKAN!**



APA ITU ENERGI TERBARUKAN?

Energi Terbarukan umumnya didefinisikan sebagai energi yang dikumpulkan dari sumber daya yang secara alami dapat dipulihkan atau dipenuhi kembali dalam skala waktu manusia.



KENAPA ENERGI TERBARUKAN SEMAKIN PENTING DAN POPULER?



Karena **harga minyak bumi** tidak stabil, bisa tiba-tiba mahal atau murah.



Karena **sumber energi** seperti minyak bumi bisa habis (contohnya: sumur minyak bumi yang kering).

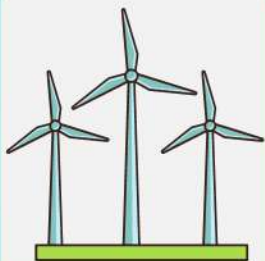


Karena kita ingin dan perlu menjaga bumi supaya tidak rusak akibat perubahan iklim yang sulit diperbaiki.

Karena itu semua, makin banyak yang **semangat dukung dan gabung ke dunia energi terbarukan** — termasuk kita! 🙌



JENIS-JENIS ENERGI TERBARUKAN



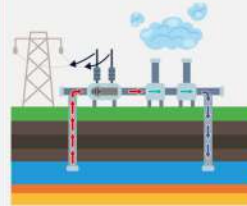
Energi Angin
dari angin



Bioenergi
dari biomassa



Energi Air
Dari pasang surut /
gelombang air



Energi Panas Bumi
dari panas bumi



Energi Surya
dari cahaya matahari



Energi Angin

APAKAH KAMU PERNAH MELIHAT KIPAS ANGIN RAKSASA DI LAUT ATAU DI DARAT?



Onshore
di darat



Nearshore
dekat pantai



Offshore
di tengah laut

Itu namanya **Turbin Angin**. Angin akan memutar baling-baling kincir, sehingga mampu menghasilkan listrik!

🕒 ? Di mana angin paling kencang menurutmu?



- Tidak menghasilkan polusi
- Energi bersih dan terus bertambah penggunaannya (Denmark: 19%–22%)

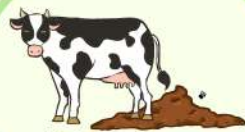


- Angin tidak selalu ada
- Turbin hanya bisa bekerja 20%–40% dari kapasitas maksimal



Bioenergi

Kamu tahu nggak sih? 
Bahan-bahan disamping ini,
ternyata bisa diolah jadi **Bioenergi**,
lho! Nah, bahan-bahan ini disebut
Biomassa.



Kotoran Hewan



Sampah Organik



Minyak Goreng Bekas

PRODUK BIOENERGI

Biodiesel

Dari minyak nabati atau minyak goreng bekas, bisa diolah jadi bahan bakar untuk kendaraan.

Biogas

Dari kotoran hewan dan sampah organik, bisa diubah jadi gas untuk masak atau nyalain listrik.

Bioalkohol/Bioetanol

Dari tanaman seperti singkong atau tebu, bisa dipakai buat menggerakkan kendaraan.



- Bisa disimpan dan tidak bergantung cuaca
- Dapat diproduksi secara lokal sehingga mendukung ekonomi masyarakat.



- Membutuhkan lahan luas yang bisa bersaing dengan kebutuhan energi dan pangan
- Biaya transportasi mahal

Energi Air

APAKAH KAMU PERNAH MEMBAYANGKAN AIR BISA JADI LISTRIK?

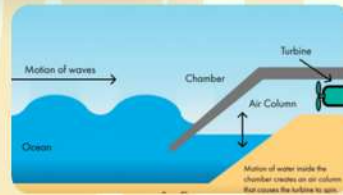
Air bisa dikumpulkan di bendungan atau langsung digerakkan oleh laut, melalui pasang surut dan ombak, lalu alirannya akan memutar turbin dan menghasilkan listrik ⚡



💧 Bendungan (Hydropower)



🌊 Pasang Surut (Tidal Power)



🌊 Gelombang Laut (Wave Power)



- Ramah lingkungan
- Dapat menghasilkan listrik sesuai kebutuhan



- Lokasi ketersediaan yang terbatas
- Biaya pembangunan awal yang cukup besar

Energi Panas Bumi

APAKAH KAMU PERNAH MENGUNJUNGI PEMANDIAN AIR PANAS?

Airnya hangat banget, ya? Nah, itu bukan karena dipanaskan manusia, tapi karena berasal dari **panas bumi**! Menarik, kan?



Energi panas bumi adalah energi yang berasal dari panas di **dalam perut bumi**. Panas ini bisa berbentuk **air panas** atau **uap yang keluar dari tanah**.



- Tidak bergantung pada kondisi cuaca
- Biaya operasional rendah



- Memerlukan biaya mahal untuk dibangun
- Adanya risiko terhadap kestabilan tanah di area pembangkit

Energi Surya

APAKAH KAMU PERNAH MERASA KEPANASAN SAAT UPACARA?



Itu karena matahari **memancarkan energi panas dan cahaya** yang sangat besar! Nah, energi itu bisa dimanfaatkan jadi listrik juga, lho!

Energi surya adalah **energi dari cahaya matahari** yang bisa digunakan untuk kehidupan sehari-hari, seperti:

- Menyalakan lampu
- Memanaskan air
- Mengisi baterai alat elektronik

Kita bisa menangkap energi matahari dengan **panel surya di atap rumah atau gedung**.

Ada dua cara utama:

1. **Fotovoltaik** – cahaya matahari langsung diubah jadi listrik
2. **Termal surya** – panas matahari digunakan untuk memanaskan air atau menghasilkan uap



- Mudah dipasang, bahkan untuk skala kecil
- Tidak ada bagian bergerak, perawatan mudah.



- Biaya awal pemasangan masih tinggi.
- Produksi listrik tergantung cuaca dan sinar matahari.



Modul Pembelajaran

YUK PELAJARI LEBIH LANJUT MENGENAI SOLAR PV

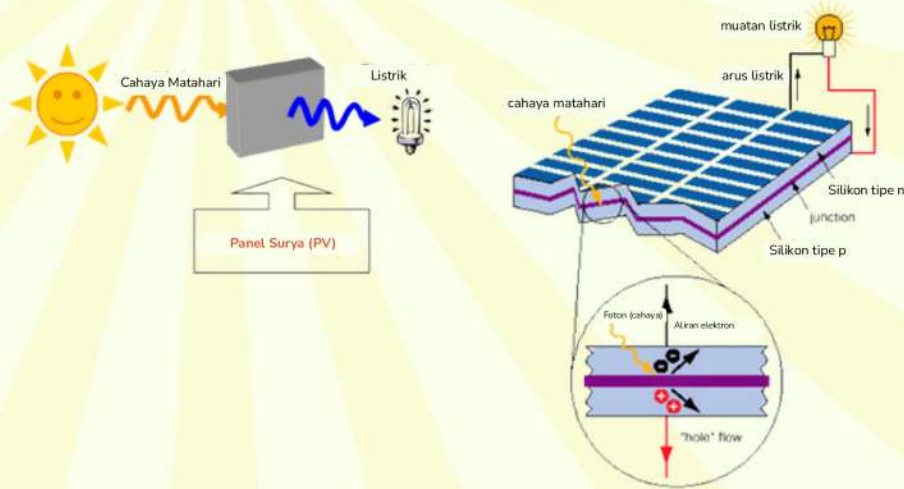


APA ITU SOLAR PV (FOTOVOLTAIK)?

Solar PV (Fotovoltaik) merupakan teknologi yang mengubah cahaya matahari menjadi listrik menggunakan sel fotovoltaik.



BAGAIMANA CARA KERJANYA PANEL SURYA?



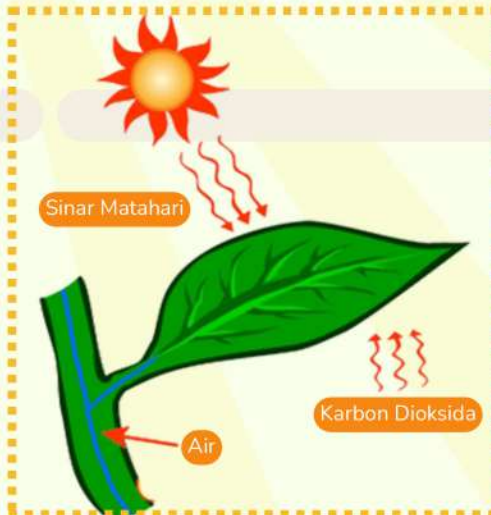
- Cahaya matahari membawa energi ke permukaan sel surya.
- Energi ini membuat partikel bermuatan negatif (elektron) di dalam sel bergerak.
- Pergerakan ini menghasilkan aliran listrik.

☀️ Cahaya masuk → Sel surya bekerja → Listrik dihasilkan!

? Kamu tahu nggak, satu panel surya terdiri dari banyak sel surya kecil?

YUK KENALAN DENGAN BEBERAPA JENIS SEL SURYA

- 1 Silicon Based Solar Cell
- 2 Thin Film Solar Cell
- 3 Dye-synthesized Solar Cell
- 4 Perovskite Solar Cell

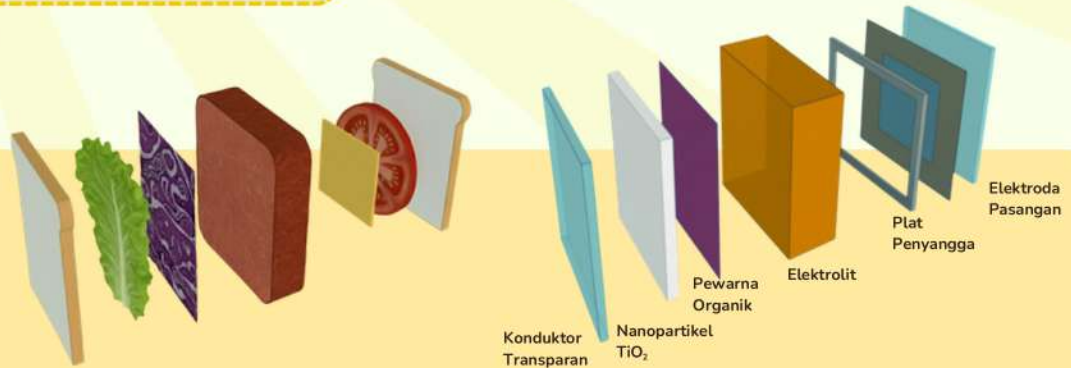


Dye-Synthesized Solar Cell (DSSC) adalah teknologi sel surya yang **memanfaatkan molekul pewarna untuk menyerap partikel cahaya** yang nantinya dapat menghasilkan listrik.

Konsep DSSC ini sangat mirip dengan proses **fotosintesis** pada tumbuhan.

KOMPONEN DYE-SYNTHESIZED SOLAR CELL (DSSC)

DSSC itu seperti sandwich, terdiri dari banyak lapisan!



Gambar 1. Perbandingan Komponen DSSC dengan Sandwich

APA SAJA FAKTOR YANG MEMENGARUHI DSSC?

- 1 Intensitas Cahaya Matahari
- 2 Suhu
- 3 Bahan Sel Surya
- 4 Cuaca

Bahan pewarna (dye) terbaik untuk DSSC berasal dari **bahan alami** yang memiliki warna pekat



Blackberry



Buah Naga



Bunga Telang



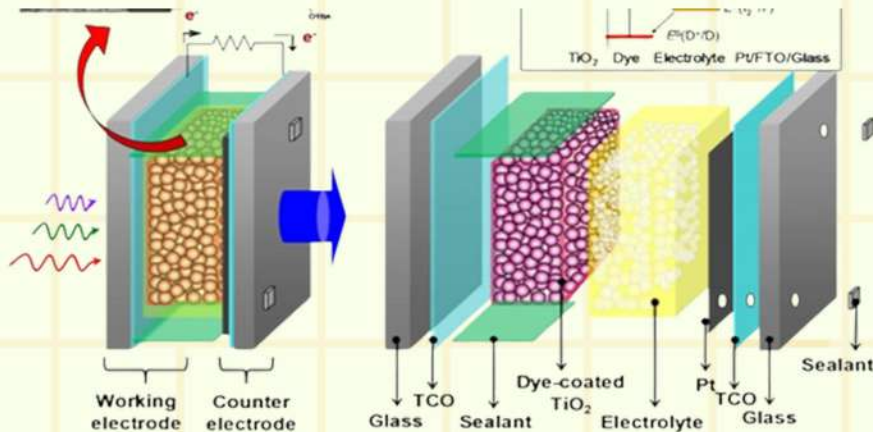
Buah Bit

Jika bahan alami yang digunakan seperti pisang atau apel, bagaimana ya?

???



BAGAIMANA DSSC MENGHASILKAN LISTRIK?



- 1 Cahaya matahari diserap oleh dye;
- 2 Elektron pada dye mengalami eksitasi;
- 3 Elektron yang tereksitasi diserap oleh TiO_2 ;
- 4 Elektron diteruskan ke sirkuit;
- 5 Elektron diteruskan ke elektroda pasangan;
- 6 Elektron kembali ke dye melalui reaksi Reaksi-Oksidasi (Redoks)

BAGAIMANA DSSC MENGHASILKAN LISTRIK?

Penyerapan Cahaya oleh Dye

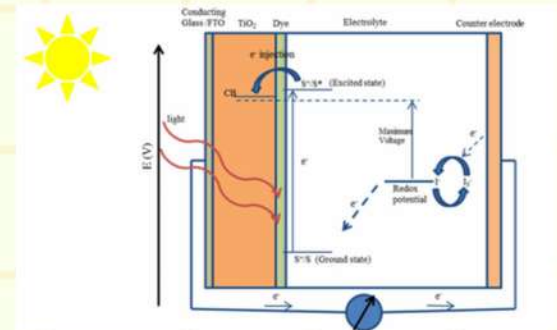
Cahaya matahari (foton) mengenai lapisan zat pewarna (dye). Foton ini memberi energi sehingga elektron di dye naik dari keadaan normal (*ground state*) ke keadaan berenergi tinggi (*excited state*).

Elektron Dilepaskan ke TiO_2

Elektron yang sudah berenergi tinggi langsung ditransfer ke lapisan semikonduktor titanium dioksida (TiO_2). TiO_2 bertindak sebagai "jembatan" yang membawa elektron.

Aliran Elektron Menuju Kaca ITO

Elektron yang sudah masuk ke TiO_2 bergerak melalui partikel-partikel TiO_2 hingga mencapai kaca ITO. Dari sini, elektron mengalir keluar ke rangkaian listrik luar.



BAGAIMANA DSSC MENGHASILKAN LISTRIK?

Listrik Mengalir ke Beban

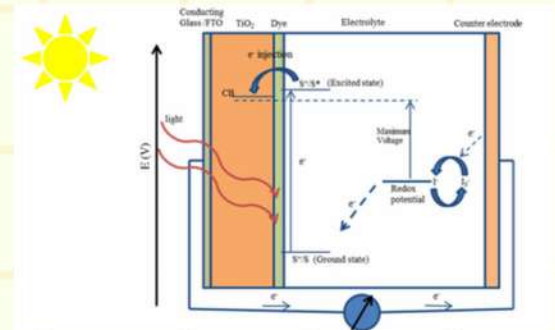
Saat elektron mengalir di rangkaian luar, mereka bisa digunakan untuk menyalakan lampu atau perangkat lain. Setelah itu, elektron akan kembali ke sel surya melalui elektroda pasangan.

Pemulihan Dye

Dye yang sudah kehilangan elektron menjadi teroksidasi. Supaya bisa bekerja lagi, dye mendapat pasokan elektron baru dari elektrolit (misalnya larutan I^-/I_3^-). Dengan cara ini, dye kembali ke keadaan semula.

Regenerasi Elektrolit di Counter Electrode

Elektrolit yang telah memberikan elektron ke dye akan mengambil kembali elektron dari elektroda pasangan.



DSSC

DSSC: PANEL SURYA DARI BAHAN ALAM?



ALAT & BAHAN

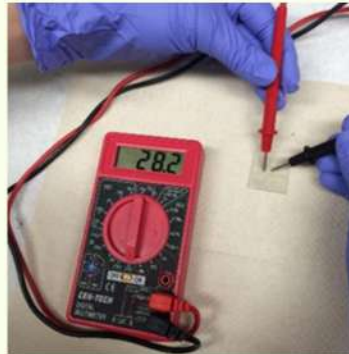


- 1 Botol Semprot
- 2 Tweezer
- 3 LED
- 4 Dye Alami
- 5 Scotch Tape
- 6 Multimeter Set

- 7 Klip Binder
- 8 Pasta TiO_2
- 9 Elektrolit Iodida/Triiodida
- 10 Tang Buaya
- 11 Spidol Permanen
- 12 Pipet Plastik

- 13 Pensil
- 14 Kaca Konduktif
- 15 Kantong Plastik Ziplock
- 16 Gelas Plastik

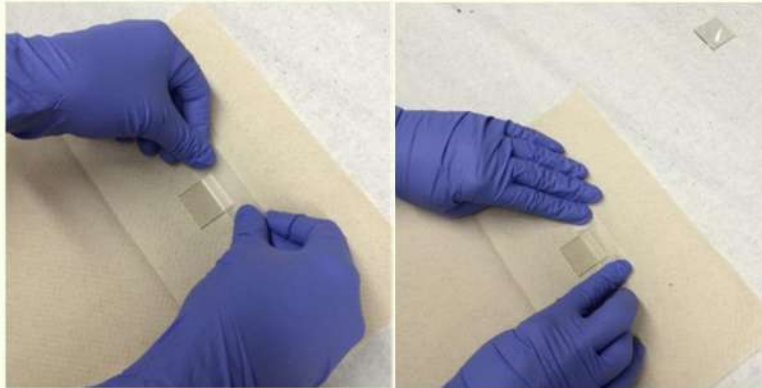
01

PENENTUAN SISI KONDUKTIF

Gambar 3.1 Penentuan sisi konduktif

- Untuk mengidentifikasi sisi konduktif pada kaca, tekan salah satu sisi kaca dengan probe multimeter. Sisi yang konduktif akan menunjukkan nilai sekitar 30 ohm;
- Jika nilai yang muncul tidak sesuai atau multimeter menunjukkan angka "1", balik kaca dan ukur kembali hingga mendapatkan nilai yang tepat;
- Setelah sisi konduktif ditemukan, tandai sisi yang tidak konduktif menggunakan spidol, sesuai dengan nomor kelompok.

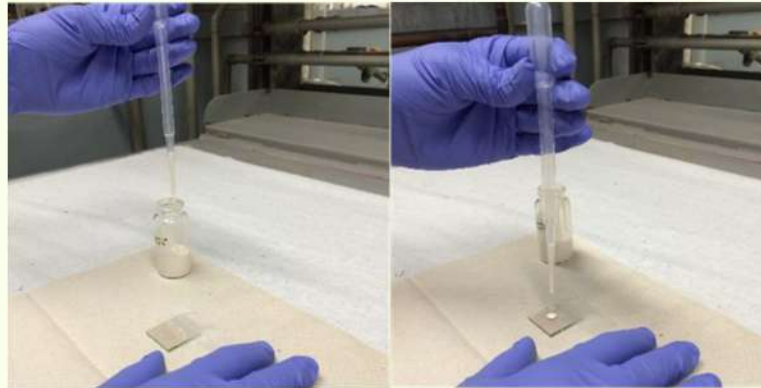
02 PEREKATAN KACA PADA BIDANG KERJA



Gambar 3.2 Perekatan kaca pada bidang kerja

- Posisikan kaca dengan sisi konduktif menghadap ke atas pada bidang kerja;
- Rekatkan kaca dengan isolasi, berikan jarak sekitar $\frac{1}{4}$ cm dari setiap sisi ujung kaca.

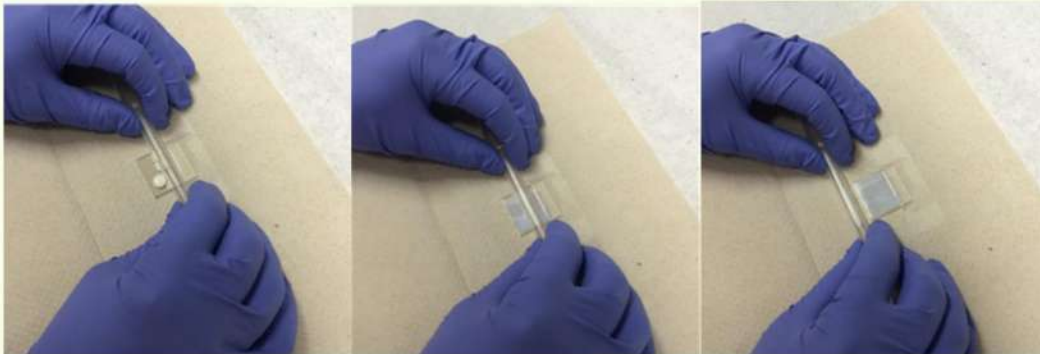
03 PENETESAN PASTA TITANIUM DIOKSIDA



Gambar 3.3 Penetesan pasta TiO_2

- Teteskan satu tetes pasta Titanium Dioksida (TiO_2) menggunakan pipet plastik.

04 PEMERATAAN PASTA TITANIUM DIOKSIDA



Gambar 3.4 Pemerataan pasta TiO_2

- Ratakan pasta Titanium Dioksida dengan sisi pipet hingga membentuk lapisan tipis yang merata;
- Jika lapisan tidak merata atau ada bagian yang terbuka, teteskan kembali pasta dan ratakan lagi;
- Biarkan pasta mengering selama 2 menit, lalu lepaskan isolasi.

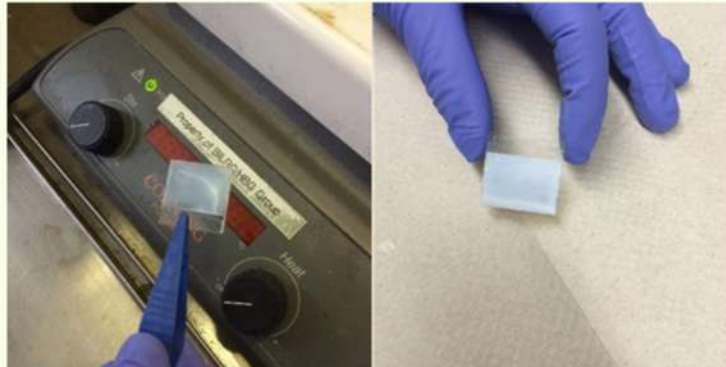
05 PEMANASAN LAPISAN TITANIUM DIOKSIDA



Gambar 3.5 Pemanasan lapisan TiO_2

- Pindahkan kaca ke atas hot plate dengan lapisan pasta Titanium Dioksida menghadap ke atas;
- Setelah itu, nyalakan *hot plate* (proses pemanasan akan dibantu langsung oleh panitia);
- Pasta akan mengering dan terlihat berwarna coklat, lalu akan kembali memutih.

06 PENDINGINAN LAPISAN TITANIUM DIOKSIDA



Gambar 3.6 Pendinginan lapisan TiO_2

- Setelah pasta memutih kembali, matikan hot plate;
- Biarkan kaca mendingin di atas hot plate hingga suhunya sama dengan suhu ruangan;
- Angkat dan pindahkan kaca ke bidang kerja setelah dingin.

07 PEMBUATAN DYE ALAMI



Gambar 3.7 Pembuatan jus dye alami

- Masukkan sumber dye alami ke dalam kantong tertutup, lalu hancurkan hingga lumat;
- Tambahkan sekitar 1 sendok teh air untuk membuatnya lebih cair.

08

PEMBERIAN WARNA PADA LAPISAN TITANIUM DIOKSIDA



Gambar 3.8 Pemberian warna pada lapisan TiO_2

- Celupkan kaca dengan lapisan Titanium Dioksida ke dalam jus dye alami dan rendam sepenuhnya selama 5 menit. Semakin gelap warnanya, maka hasilnya semakin baik.

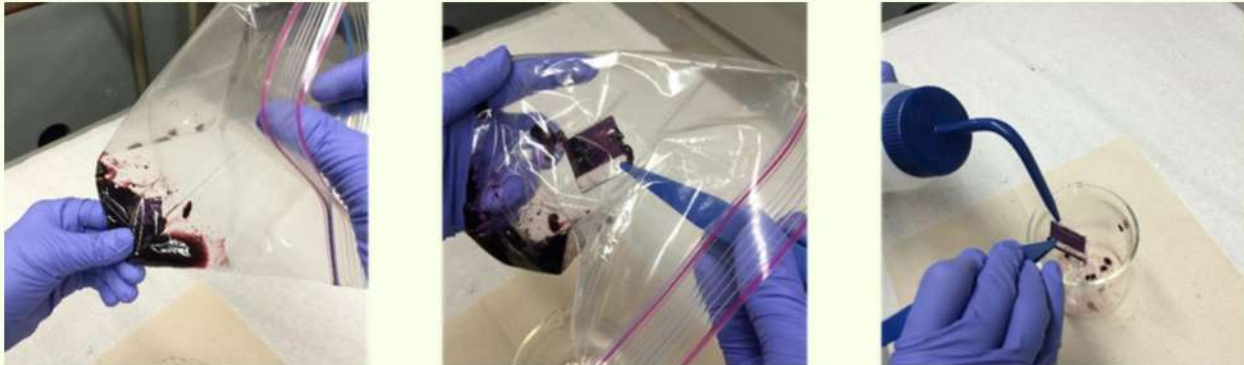
09 PEMBUATAN KATODA MENGGUNAKAN PENSIL



Gambar 3.9 Pembuatan katoda menggunakan pensil

- Posisikan kaca di bidang kerja dengan sisi konduktif menghadap ke atas;
- Goreskan grafit dari pensil hingga menutupi seluruh permukaan kaca.

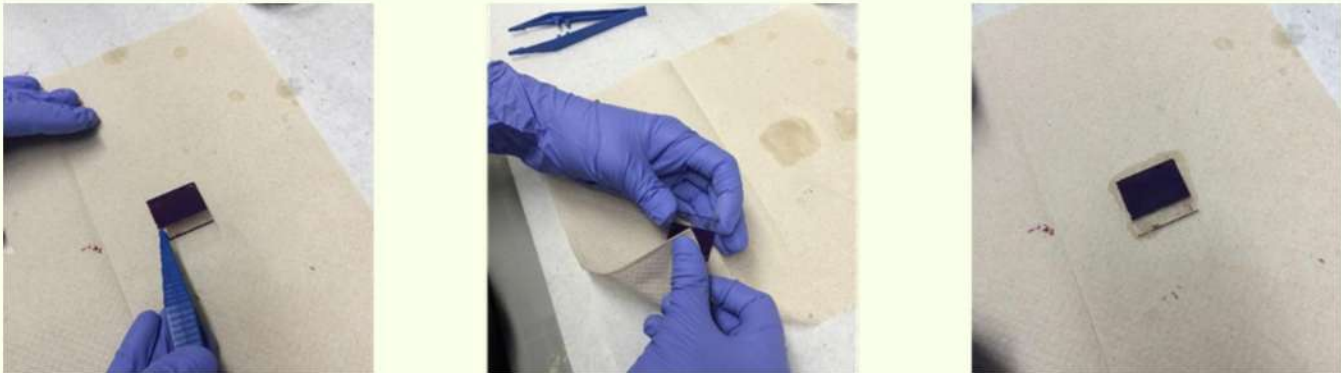
10

PENGAMBILAN KACA YANG TELAH DIWARNA

Gambar 3.10 Pengambilan kaca yang telah diwarnai

- Angkat kaca yang sudah diwarnai dengan penjepit tweezer. Pastikan lapisan berwarna tidak tergores;
- Pindahkan kaca ke atas gelas beker, lalu bilas dengan air destilasi dari botol semprot untuk menghilangkan sisa jus.

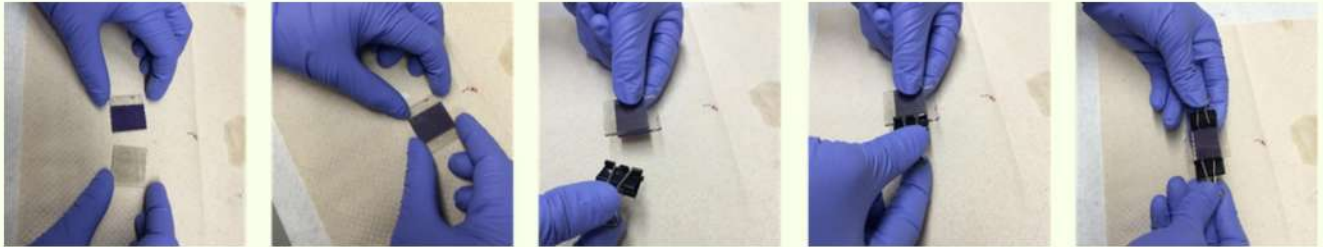
11

PENGERINGAN KACA YANG TELAH DIWARNA

Gambar 3.11 Pengeringan kaca yang telah diwarnai

- Letakkan kaca di atas tisu, lalu keringkan dengan cara menempelkan tisu secara perlahan;
- Pastikan tidak menggosoknya agar lapisan warna tidak hilang;
- Kaca yang telah diwarnai ini akan berfungsi sebagai anoda (kutub negatif).

12

PENYATUAN ANODA DAN KATODA

Gambar 3.12 Penyatuan anoda dan katoda

- Posisikan kedua elektroda kaca yang sudah dibuat agar saling berhadapan;
- Tempelkan keduanya, sisakan sedikit celah seperti jarak isolasi awal. Kemudian, jepit kedua sisi yang rata menggunakan penjepit kertas.

13

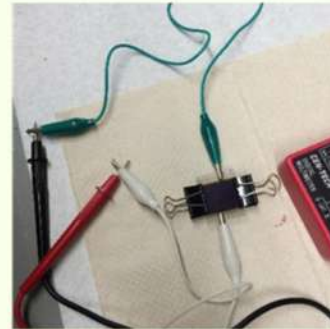
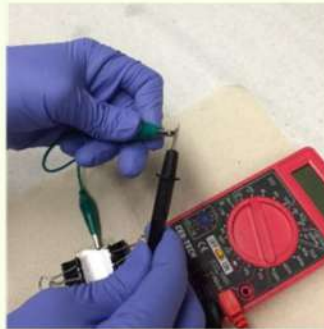
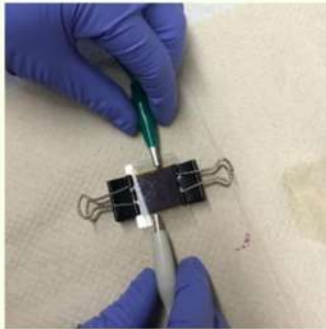
PEMBERIAN ELEKTROLIT PADA SEL

Gambar 3.13 Pemberian elektrolit pada sel

- Teteskan elektrolit iodida/triiodida secukupnya ke dalam celah sel dengan pipet;
- Longgarkan penjepit kertas secara bergantian agar elektrolit dapat merata. Lapisan berwarna akan menjadi lebih gelap, menandakan sudah terlapisi dengan baik;
- Jika ada titik yang belum terlapisi, teteskan kembali elektrolit.

14

PEMASANGAN TANG BUAYA



Gambar 3.14 Pemasangan tang buaya

- Untuk menguji sel surya, gunakan tang buaya untuk menghubungkan probe multimeter ke sisi sel surya yang dilebihkan.

15

PENGUJIAN KUAT ARUS LISTRIK

Gambar 3.14 Pengujian beda potensial (voltase) dan arus listrik (ampere)

- Atur kenop multimeter ke 200m DCV (Direct Current Voltage) untuk pengukuran beda potensial (voltase), hasil pengukuran akan dalam satuan mV;
- Selanjutnya, atur kenop multimeter ke 200 μ DCA (Direct Current Amperage) untuk pengukuran arus listrik (ampere), hasil pengukuran akan dalam μ A;

15 PERHITUNGAN DAYA

Sumber Pencahayaan :		Durasi Pencahayaan : menit	
	Beda Potensial (mV)	Kuat Arus (μA)	Daya (mW)
Buah Blackberry			
Buah Naga			
Buah Bit			

Catatan :

- Untuk menentukan daya, dapat diperoleh dengan mengalikan beda potensial
- Harap memperhatikan satuannya, daya yang diperoleh dalam satuan miliwatt
- Hitung daya dari kuat arus dan beda potensial yang sudah didapatkan.

16

PERLOMBAAN



1. Perolehan daya tertinggi dengan menggunakan pewarna blackberry
2. Perolehan daya tertinggi dengan menggunakan pewarna buah naga
3. Perolehan daya tertinggi dengan menggunakan pewarna buah bit

Ketentuan :

Dapat menyalakan LED

16

PEMBERSIHAN ALAT



Gambar 3.15 Pembersihan Alat

- Masukkan semua sampah atau residu sisa eksperimen ke dalam kantong bekas jus;
- Bersihkan semua peralatan yang kotor dengan lap basah agar bisa digunakan kembali nanti.

REFERENSI



Nelson, V. C. (2011). *Introduction to renewable energy*. In CRC Press eBooks.



Nugroho, A., et al. (2023). *Pelatihan pembuatan dye sensitized solar cell (DSSC) sederhana untuk siswa SMP 161 Jakarta*. Wikrama Parahita: Jurnal Pengabdian Masyarakat, 7(1), 27–32. Nelson, V. C. (2011). Introduction to renewable energy. In CRC Press eBooks.



Venham, S., Green, M. A., Watt, M. E., & Corkish, R. (2007). *Applied photovoltaics*. Earthscan



Haberlin, H. (2012). *Photovoltaics System Design and Practice*. Wiley.

UNIVERSITAS PERTAMINA

