

# **REKAYASA MEMBRAN POLIMER ELEKTROLIT POLISTIRENA TERSULFONASI SEBAGAI PENGGANTI PERANGKAT SEL SURYA NON SILIKON : Polistirena Tersulfonasi Sebagai Gel Polimer Elektrolit Dalam Dye Sensitized Solar Cell**

**Oleh :**

- 1. Sri Mulijani**
- 2. Gustini Syahbirin**
- 3. Betty Marita**

# LATAR BELAKANG



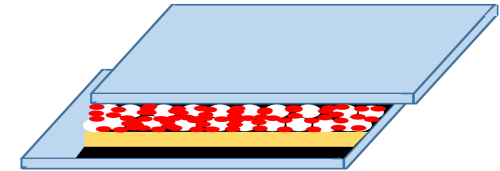
Peningkatan kebutuhan energi listrik



Energi surya sebagai energi alternatif, salah satunya *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*



Ramah lingkungan, murah, memiliki struktur film yang tipis, dan teknik pabrikasi yang sederhana (Trihutomo *et al.* 2019 dan Alfidharisti *et al.* 2018)



Efisiensi DSSC lebih rendah dibandingkan sel surya silikon yang mencapai 15 – 20% (Mehmood *et al.* 2014)



# LATAR BELAKANG



Sel surya konvensional

DSSC (*dye-sensitized solar cells*)



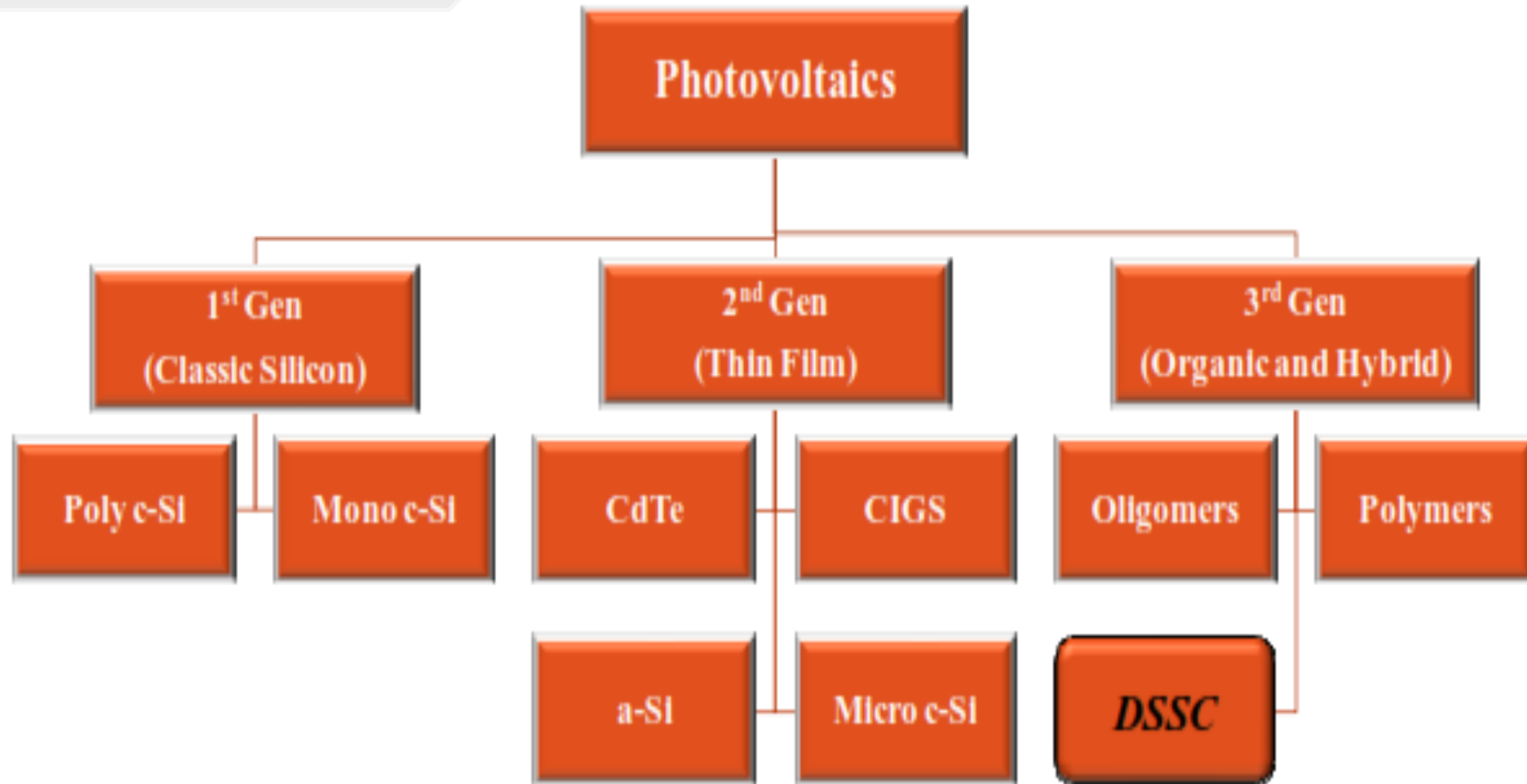
Mahal

Bahan dasarnya yaitu silikon



- Fabrikasi dan material murah
- Pembuatannya mudah
- Ringan, lentur, toksiknya rendah.
- Berkinerja baik dalam kondisi cahaya yang beragam  
(Gong *et al.* 2017; Hug *et al.* 2014)

# LATAR BELAKANG

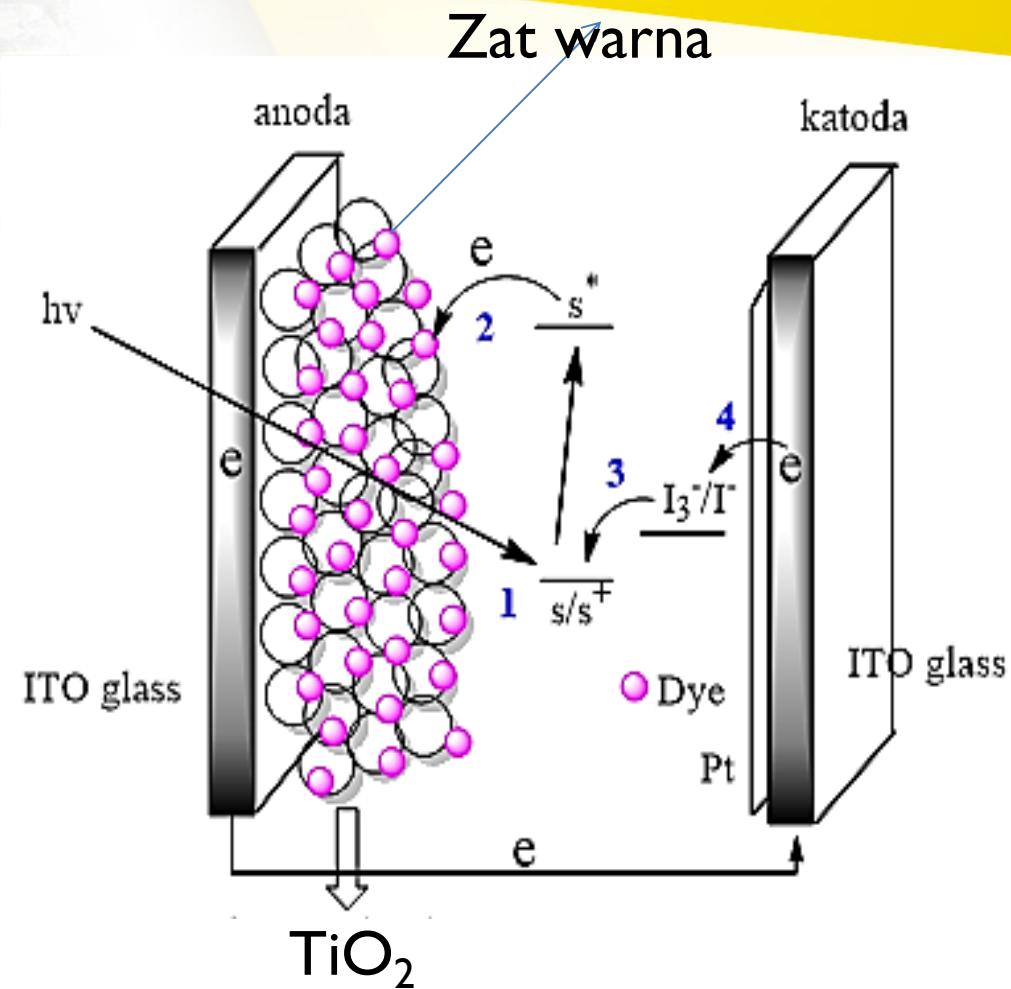
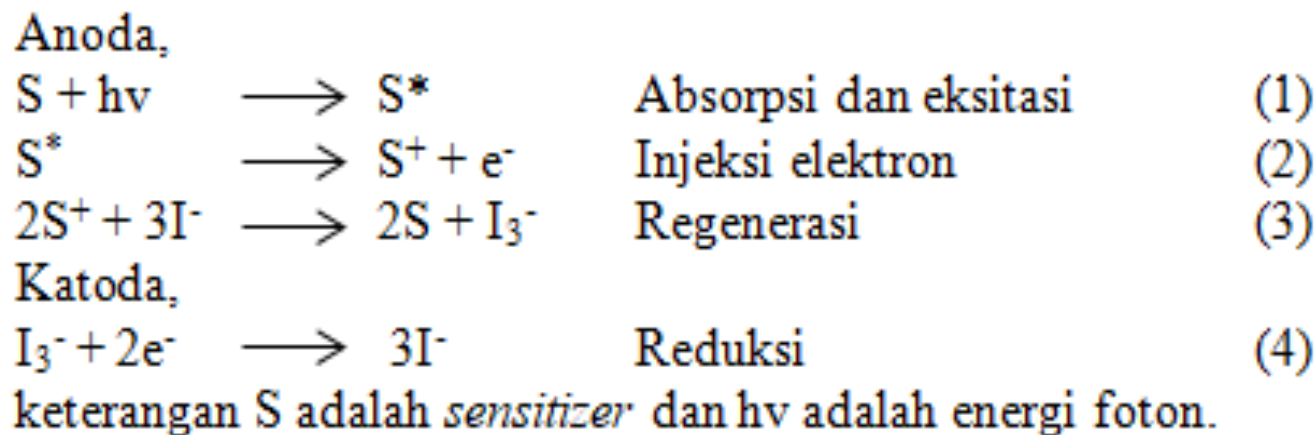


# LATAR BELAKANG

## Dye-sensitized solar cell (DSSC)

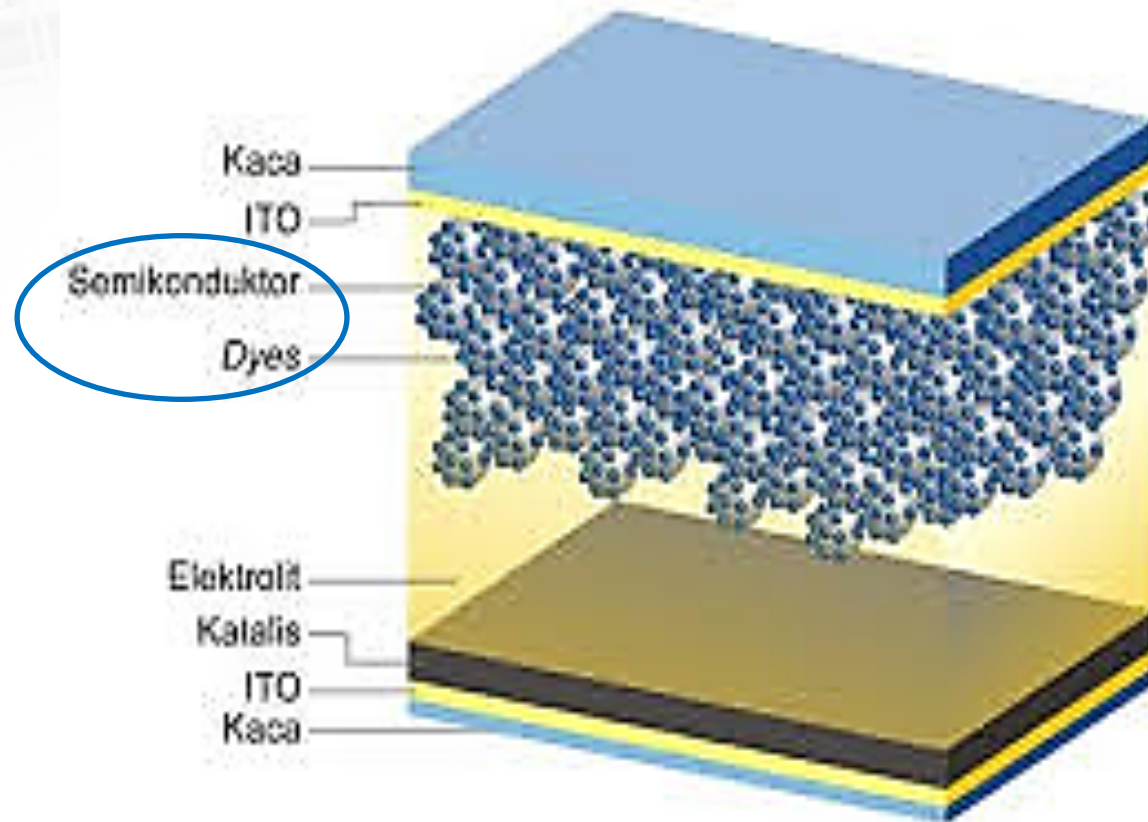
Sel surya generasi ketiga yang dikembangkan oleh Michael Gratzel pada tahun 1991.

Prinsip DSSC adalah konversi energi surya menjadi energi listrik berbasis semikonduktor yang mengikuti fenomena elektrokimia (Gratzel, 2003).



Gambar 5 Prinsip kerja teknologi DSSC

## Komponen utama teknologi DSSC :



- Elektroda kerja (semikonduktor)
- zat warna
- ELEKTROLIT**, dan
- Elektroda pembanding

(Wongcharee *et al.* 2007)

## Larutan elektrolit

Larutan iodin/triodida ( $I^-/I_3^-$ )

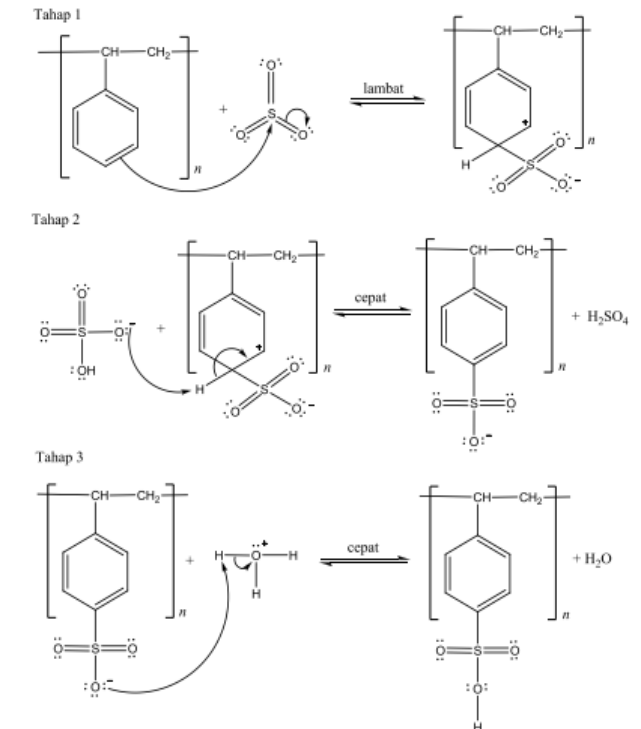
- Mudah menguap dan teroksidasi cahaya matahari (Mustaqim *et al.* 2017)

PME  
(Polistirena tersulfonasi)

## Kelebihan

- Ketahanan termal tinggi (150 – 200 °C)
- Ketahanan kimia dan sifat mekanik baik
- Harganya murah (Pramono *et al.* 2012)

Polistirena dimodifikasi menjadi polistirena tersulfonasi



(Mulijani *et al.* 2014)

# Semikonduktor

Pengantar elektron yang memiliki kemampuan konduktivitas listrik



TiO<sub>2</sub>

- Memiliki energi celah pita 3,2 eV (Narayan. 2012)
- Stabil
- Tidak berbahaya (ramah lingkungan)
- Bersifat fotostabil
- Murah
- **Konduktivitas elektron rendah**

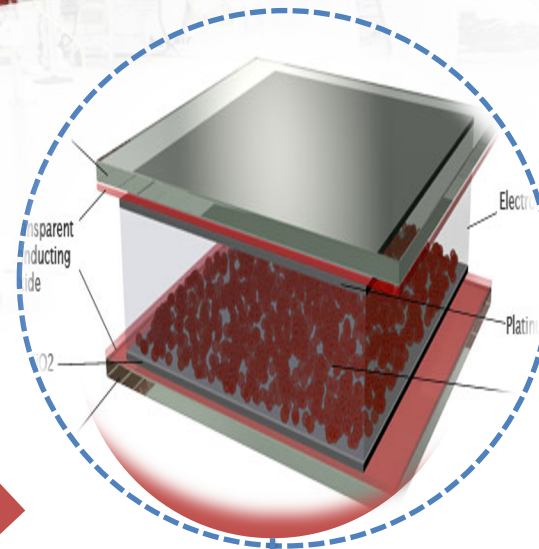


# LATAR BELAKANG

## Modifikasi elektroda kerja (semikonduktor)

Semikonduktor  $\text{TiO}_2$  dengan N, F dan S; zat warna N719; PCE 11.7 % (Kundu *et al.* 2017)

Semikonduktor  $\text{Ce}/\text{TiO}_2$ ; zat warna N719; PCE 7.00 % (Xing *et al.* 2018)



Semikonduktor Na-doped  $\text{TiO}_2$  nanorods; zat *Kigelia africana*; PCE 1.09-1.56 % (Shalini *et al.* 2017)

Anorganik  
(kompleks Ruthenium)  
PCE >>>

Organik.  
PCE <<<

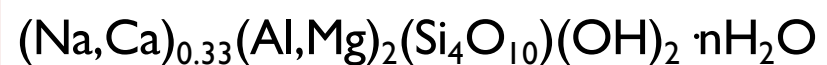
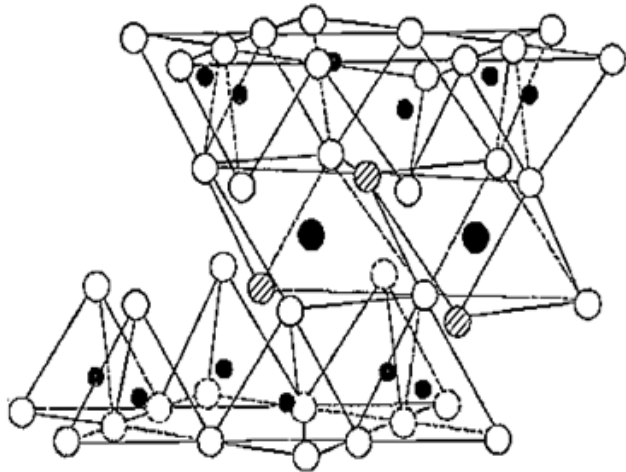
# LATAR BELAKANG



Monmorilonit



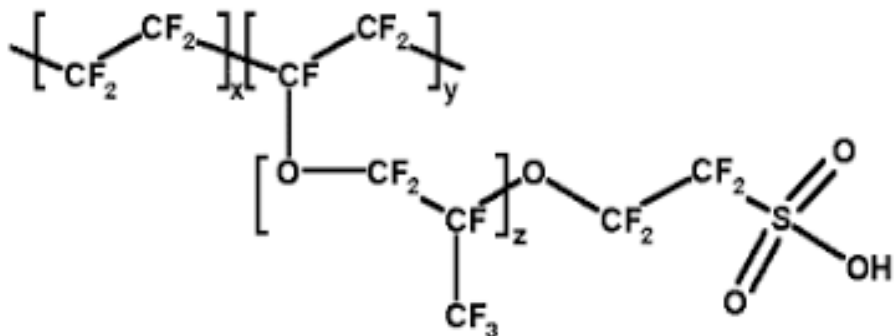
- ✓ meningkatkan difusi ion dan konduktivitas elektrolit,
- ✓ memiliki kapasitas pertukaran ion yang besar sehingga mampu mentranfer elektron,
- ✓ memiliki pori sehingga memudahkan terjadinya pergerakan ion, dan
- ✓ mampu menyerap zat warna senyawa organik.



# LATAR BELAKANG



Nafion



- + ➤ Mampu mempertahankan konduktivitas ion pada MMT, dan
- Dapat mengikat MMT menjadi lapisan semikonduktor yang lebih stabil

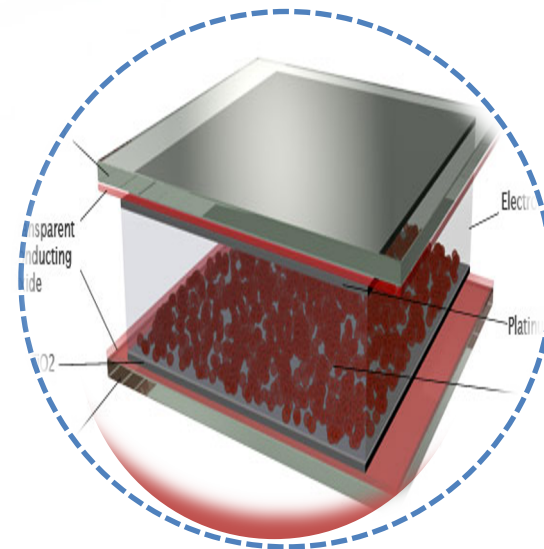
(Mauritz *et al.* 2004; Alonso *et al.* 2009)

# LATAR BELAKANG

## Zat warna

Pengikat energi foton yang diberikan oleh cahaya matahari pada DSSC.

zat warna buah manggis;  
semikonduktor  $\text{TiO}_2$ ;  
PCE 0.0022%  
(Suryadi et al. 2010)



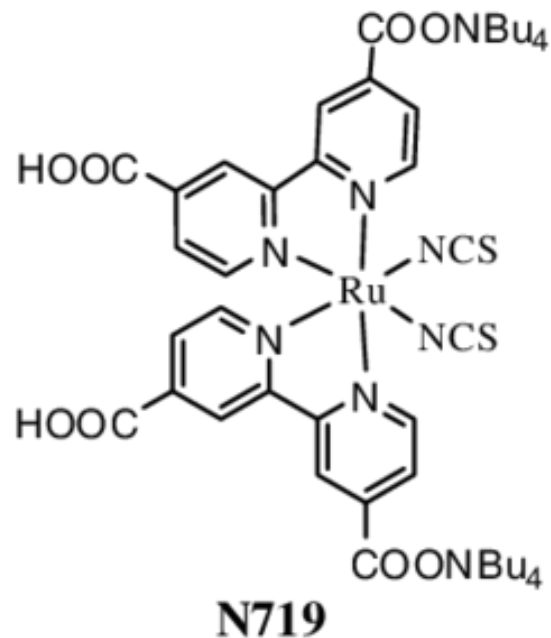
zat warna buah terong belanda;  
semikonduktor  $\text{TiO}_2$ ; PCE 0.47 %  
(Nafi et al. 2013)

PCE <<<

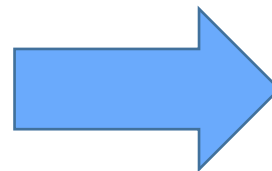


## Pewarna (Dye)

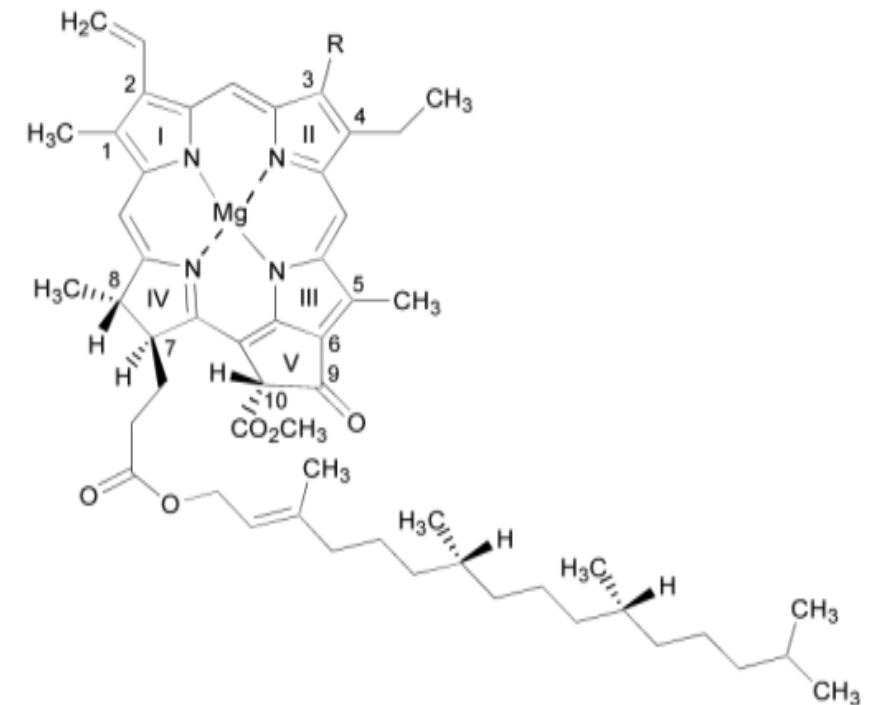
Kompleks Ruthenium (II) *polypyridyl*



(Chandrasekharam *et al.* 2011)



Struktur klorofil (klorofil a (R = CH<sub>3</sub>) dan klorofil b (R = CHO))



Indrasti *et al.* 2019)

# LATAR BELAKANG

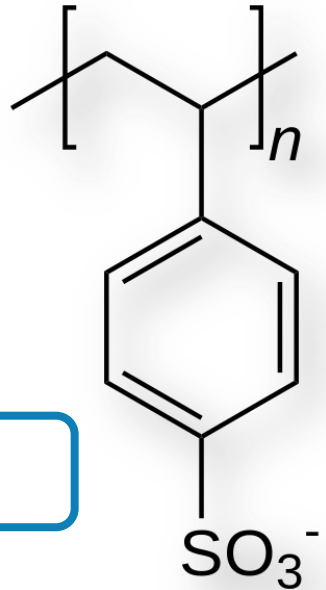


Menutupi kelemahan pasangan redoks  $I^-/I_3^-$  yaitu mudah menguap dan teroksidasi cahaya matahari

Polistirena tersulfonasi (PSS)

Dapat menghantarkan elektron karena adanya gugus elektrofilik

Memiliki cincin benzena yang tahan terhadap termal

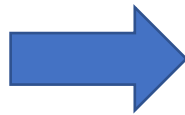


## PROSEDUR

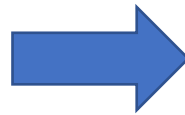
### Sintesis Polistirena Tersulfonasi (PSS)



10 gram limbah polistirena



t : 1-2 jam  
T : 100 °C



Styrofoam dilarutkan ke dalam 50 mL kloroform



10 mL oleum ditambahkan ke dalam campuran dengan gas nitrogen



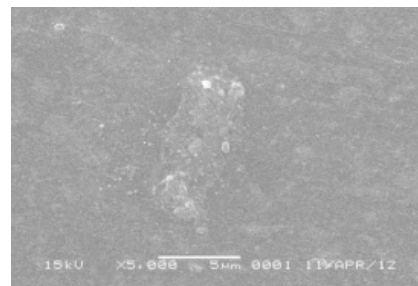
Proses sulfonasi dilakukan di lemari asam pada suhu kamar dengan pengadukan selama 90 menit



dikeringudarkan selama 24 jam pada suhu ruang

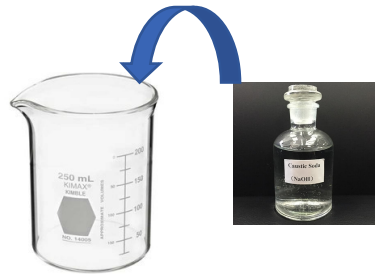


ditambahkan 10 mL diklorometana

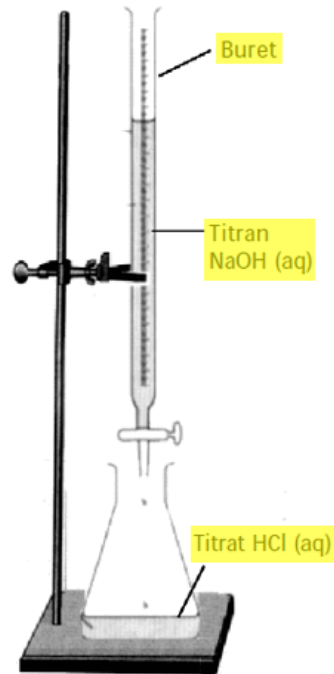
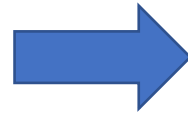


dicetak menjadi membran tipis.

## • Penentuan Derajat Sulfonasi



0.1 g PSS direndam dalam 10 mL NaOH 1 N selama 3 hari



Larutan dititras dengan HCl 1 N dengan indikator fenolftalein(pp)

Perubahan warna dari merah muda hingga tak berwarna



Hitung Derajat sulfonasi didapatkan melalui persamaan



$$DS = \frac{V_{awal} - V_{akhir} \times N_{HCl} \times BE_{SO_3}}{Bobot\ sampel} \times 100\%$$

Keterangan:

Vawal = Volume HCl blangko (mL)

Vakhir = Volume HCl sampel (mL)

N = Normalitas HCl (N)

BE = Bobot ekuivalen (g/ek)



# METODE



## • Preparasi Ekstrak daun pandan



Daun panda dipotong-potong dan dihaluskan dengan mortar

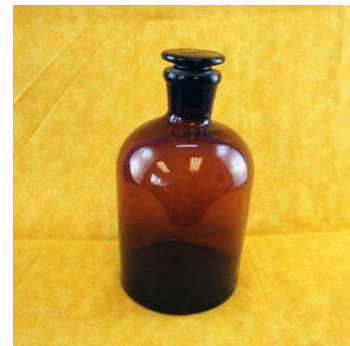


100 g daun pandan yang sudah dihaluskan kemudian diekstraksi menggunakan pelarut etanol p.a. sebanyak 167 mL perbandingan 3:5



Ekstraksi pewarna daun pandan menggunakan metode maserasi selama 24 jam pada suhu ruang

Filtrat disimpan pada wadah gelap di lemari pendingin. Digunakan sebagai pewarna pada DSSC



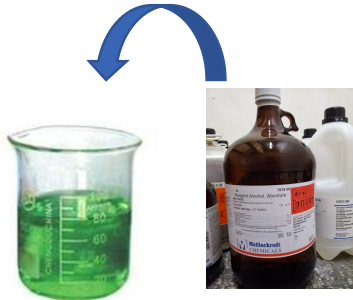
hasil ekstraksi disaring menggunakan kertas saring Whatman 42



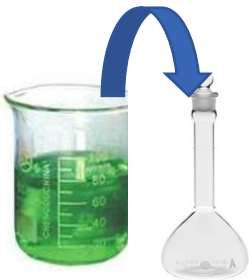
# METODE



## • Penentuan Panjang Gelombang Maksimum dan Konsentrasi Klorofil Ekstrak Daun

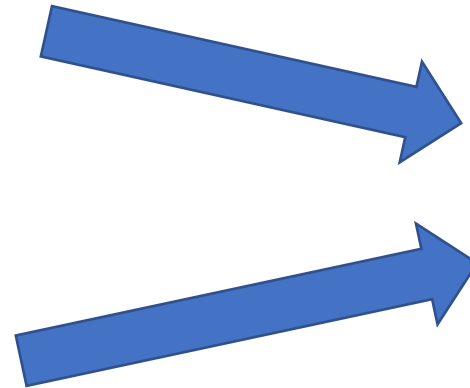


0.5 mL ekstrak Daun pandan diencerkan dengan etanol sampai 25 mL



1 mL ekstrak Daun pandan diencerkan kedalam labu takar 10 mL

Panjang gelombang maksimum dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan kisaran panjang gelombang 255-750 nm.



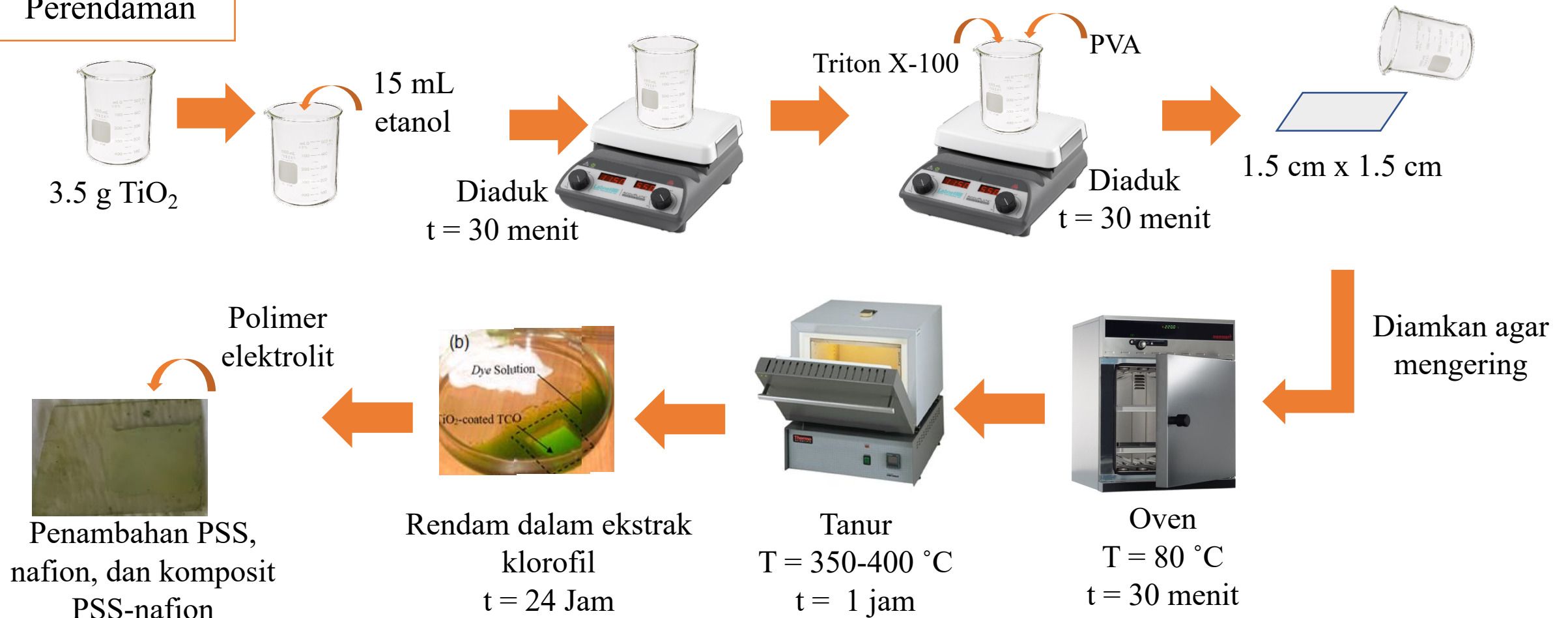
Hitung absorbansi pada setiap panjang gelombang 649 dan 665 untuk menghitung konsentrasi klorofil.

### SPEKTROFOTOMETER UV/VIS

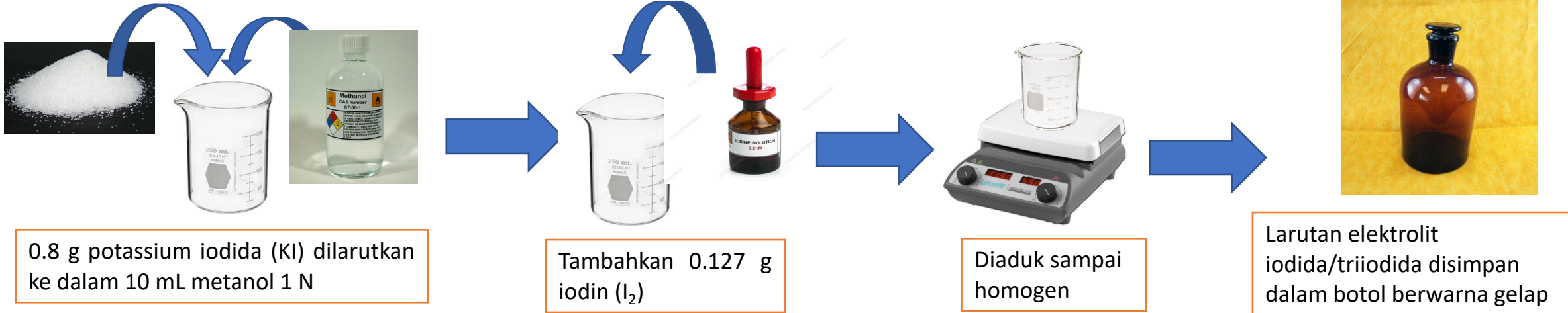


## • Preparasi Elektrode Kerja

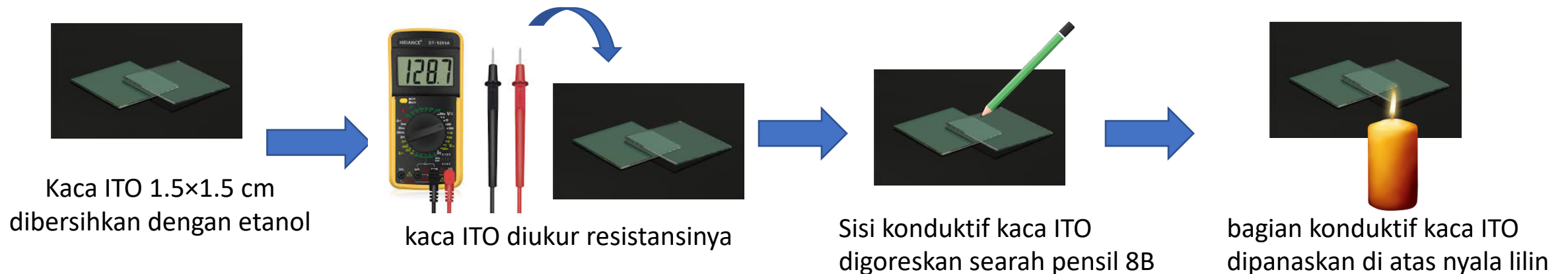
### Perendaman



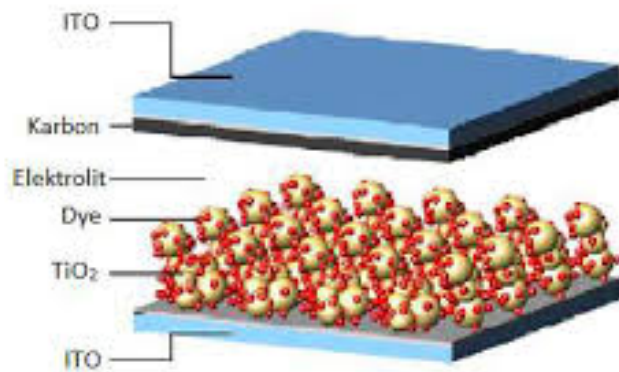
## • Preparasi Larutan Elektrolit



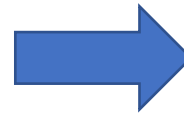
## • Preparasi Elektrode Pemandang (Elektrode Karbon)



## Perakitan *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*



Komponen dalam DSSC disusun secara berlapis yang menyerupai *sandwich*



Sisi kiri dan kanan kedua elektrode kemudian dijepit dengan penjepit klip

Analisis FTIR Polistirena Tersulfonasi (PSS) dan Analisis Kinerja DSSC Menggunakan Klorofil Daun dan PSS

# HASIL DAN PEMBAHASAN



## Kinerja *Dye Sensitized Solar Cell*

## Komponen DSSC

### Elektroda Kerja



Indium Tin Oxide (ITO) yang dilapisi nanokristalin  $\text{TiO}_2$

### Zat Warna



Pewarna Alami Klorofil Daun

### Elektrolit

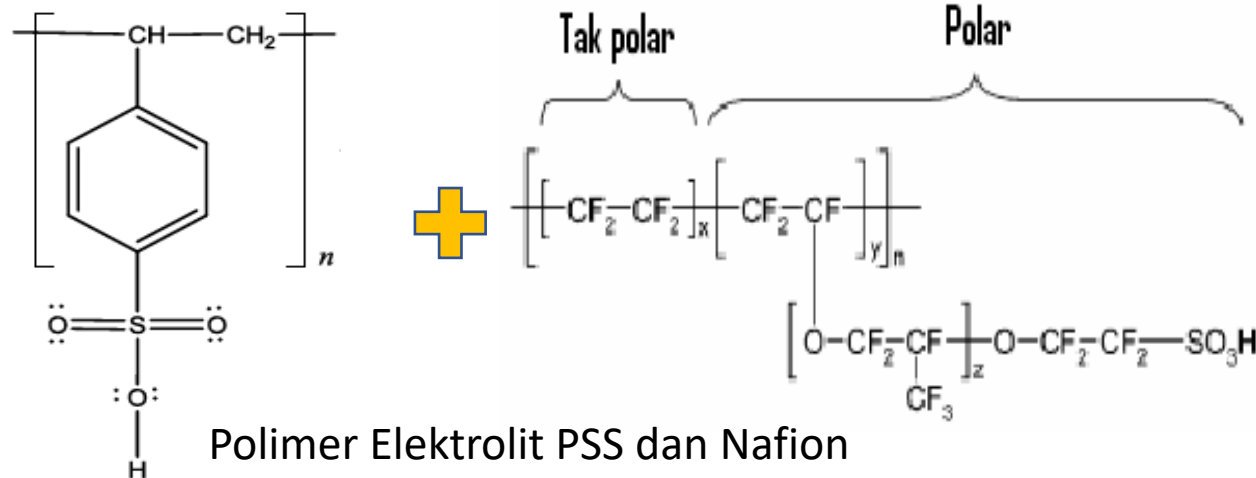


Elektrolit Iodin/Triiodida ( $\text{I}^-/\text{I}_3^-$ )

### Elektroda Pembanding



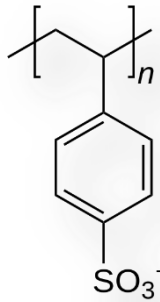
Kaca ITO yang dilapisi elektroda karbon



# HASIL DAN PEMBAHASAN



## Derajat Sulfonasi (DS) Polistirena Tersulfonasi (PSS)

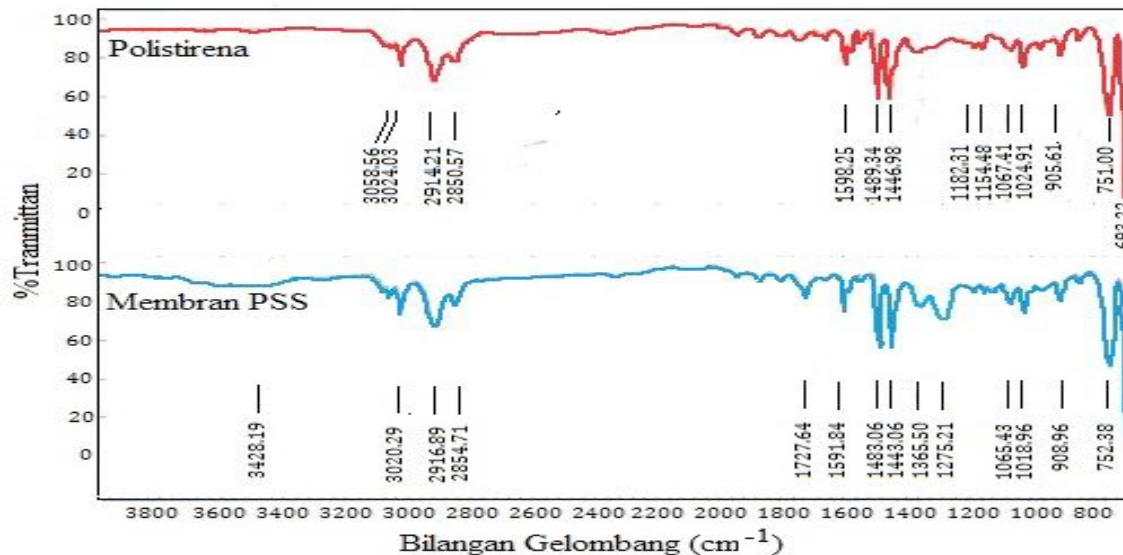


50.38%

Mulijani *et al.* (2014)

Nilai derajat sulfonasi yang dianjurkan berada pada kisaran 30 – 60%.

## Karakterisasi FTIR Polistirena Tersulfonasi



1640 cm<sup>-1</sup> dan 1450 cm<sup>-1</sup> = vibrasi cincin benzena aromatik

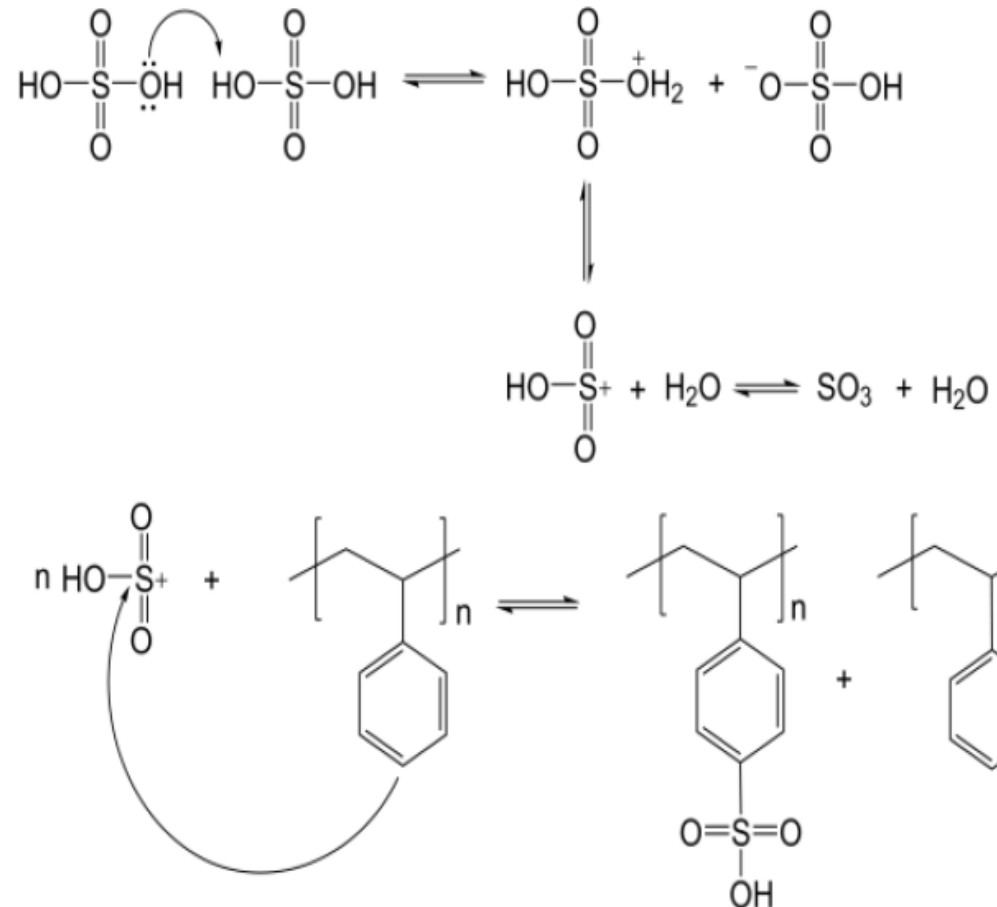
2942 cm<sup>-1</sup> dan 2850 cm<sup>-1</sup> = regangan asimetris dan simetris masing-masing -CH<sub>2</sub> alifatik

1175 cm<sup>-1</sup> dan 1038 cm<sup>-1</sup> = vibrasi regangan simetris dan asimetris S=O pada -SO<sub>3</sub>H

3424 cm<sup>-1</sup> untuk vibrasi regangan OH pada -SO<sub>3</sub>H

Spektrum FTIR dari polistirena dan polistirena tersulfonasi

## Polimer Elektrolit Polistirena Tersulfonasi



Reaksi sulfonasi Polistirena Tersulfonasi (Mulijani *et al.* 2014)



## Polistirena Tersulfonasi sebagai Lapisan Elektrolit

DSSC with iodine electrolyte

DSSC with polymer electrolyte

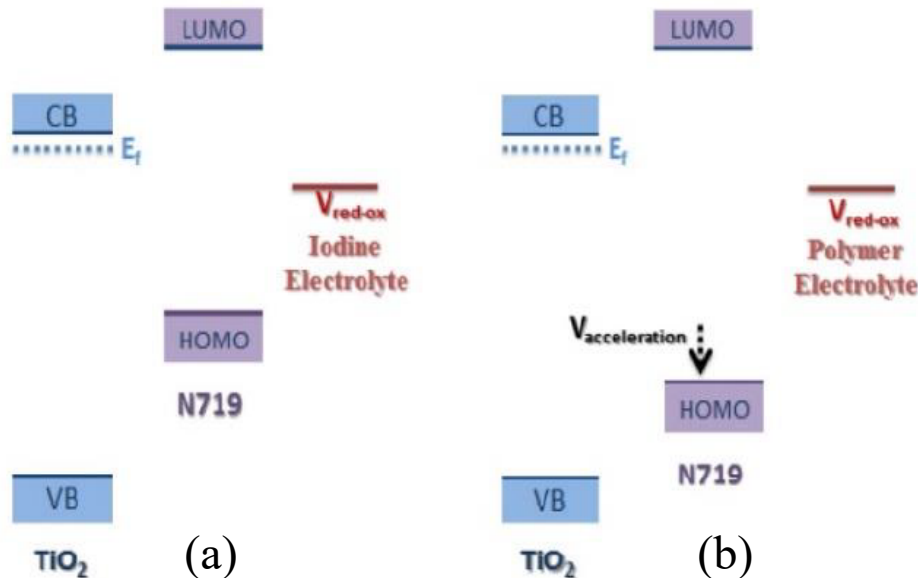


Diagram energi pita HOMO dan LUMO dengan (a) elektrolit I<sup>-</sup>/I<sup>3-</sup> (b) polimer elektrolit (Adel *et al.* 2019)

### A. Panjang gelombang maksimum

Coughlin *et al.* (2013)

PSS memiliki panjang gelombang maksimum pada 226 nm.

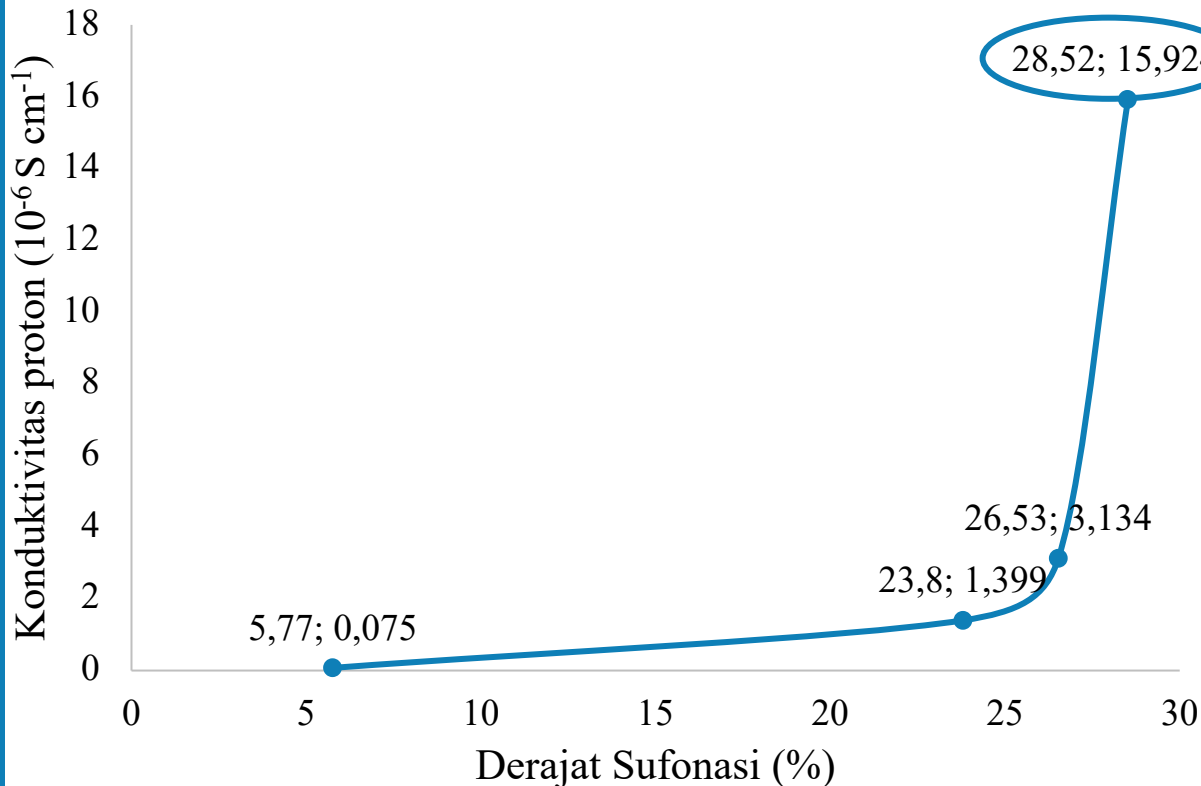
Mehrdad dan Parvini (2019)

PSS memiliki serapan pada panjang gelombang 196 dan 226 nm yang berasal dari transisi  $\pi - \pi^*$  cincin benzena yang tersubstitusi.

PSS tidak memiliki serapan pada sinar tampak yang dapat mengganggu kinerja dari DSSC

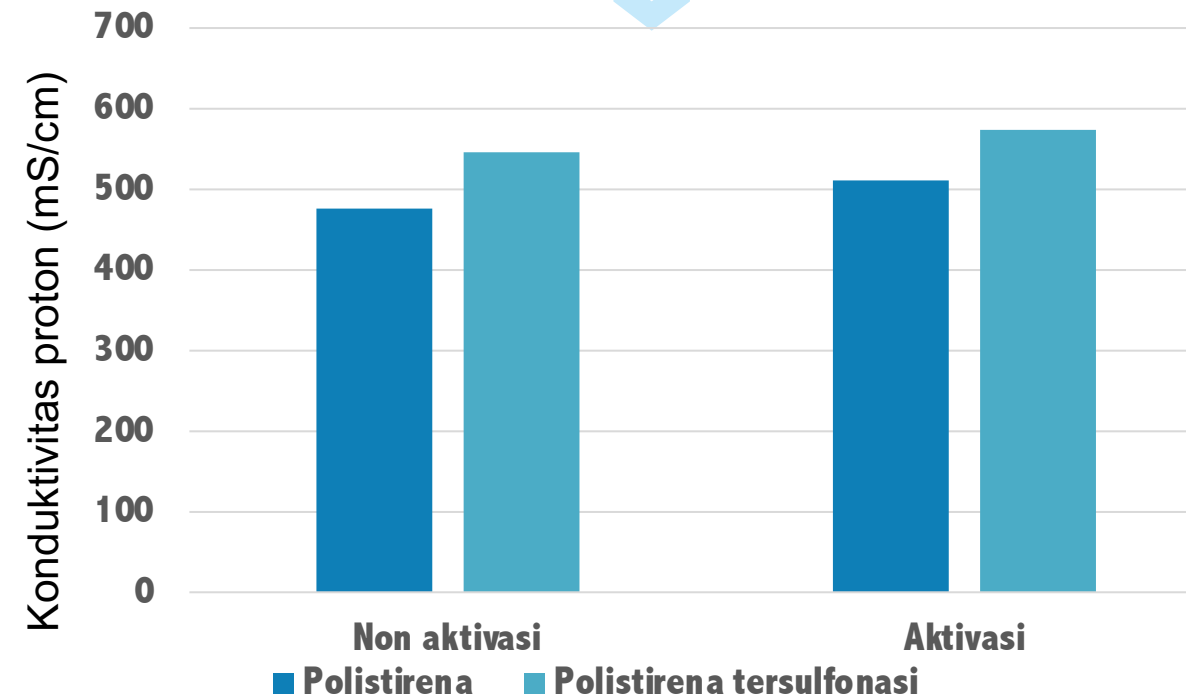
## B. Konduktivitas proton

Derajat sulfonasi ↑ Konduktivitas proton ↑ (Hidayati *et al.* 2015).

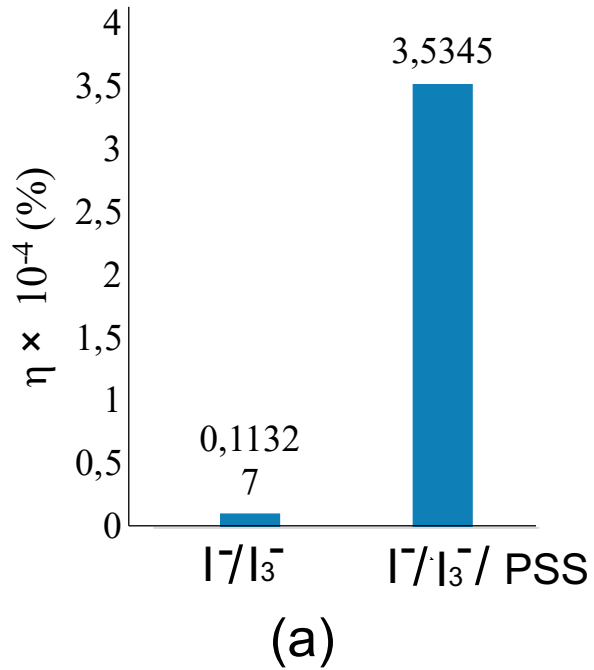


Kurva hubungan DS dan konduktivitas proton

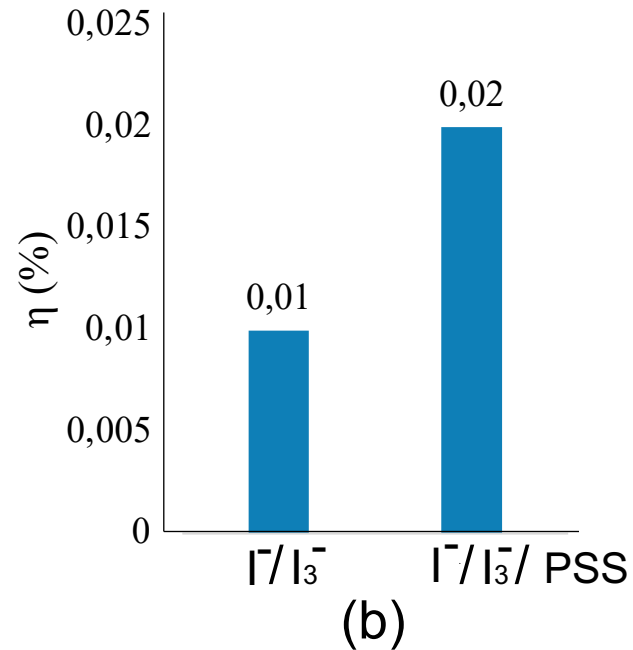
PSS hasil penelitian memiliki konduktivitas proton yang lebih tinggi



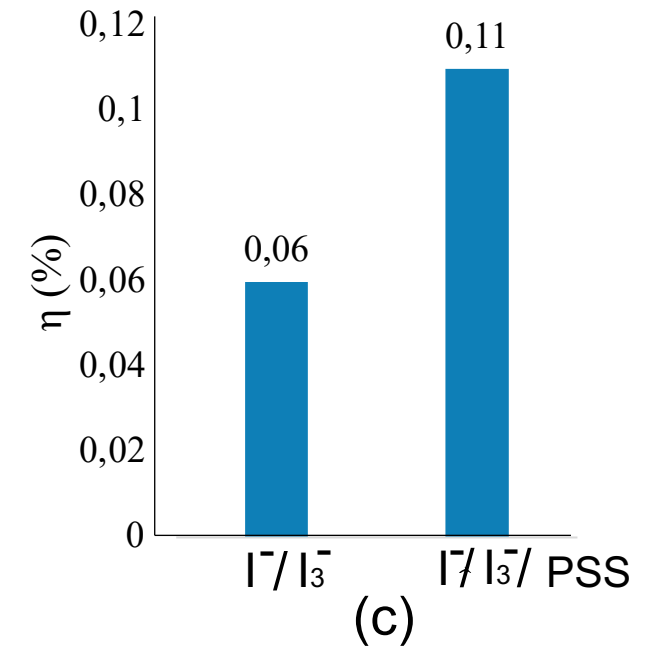
## C. Peningkatan efisiensi DSSC karena pengaruh PSS



Ekstrak *Uncaria gambir* Roxb (katekin) dengan DS 55.32%



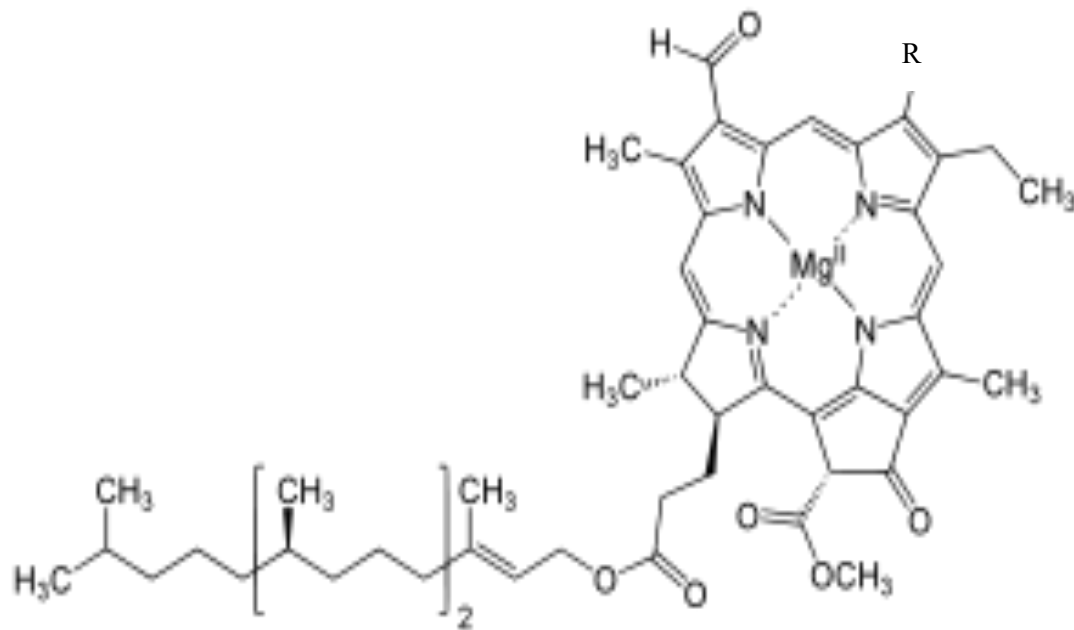
Ekstrak umbi bit merah (betasianin) dengan DS 30.79%



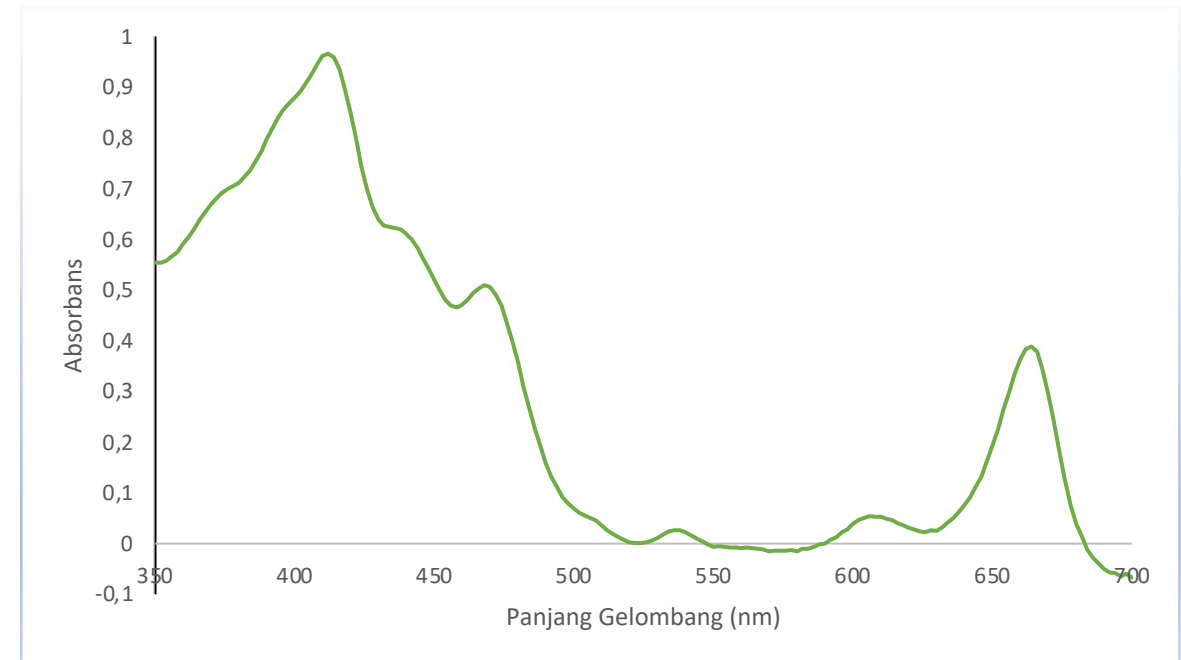
Acid blue 80 dengan DS 31.41%

Peningkatan efisiensi dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan PSS sebagai lapisan elektrolit dapat meningkatkan efisiensi DSSC lebih dari 80%

## Ekstrak Zat Warna klorofil Daun Pandan

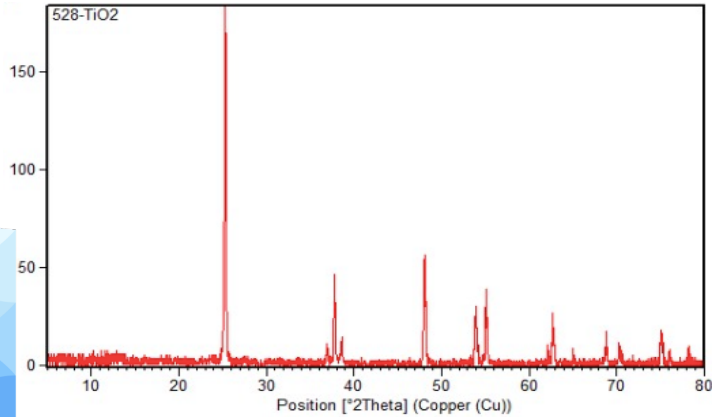


Struktur klorofil (klorofil a (R = CH<sub>3</sub>) dan klorofil b (R = CHO))

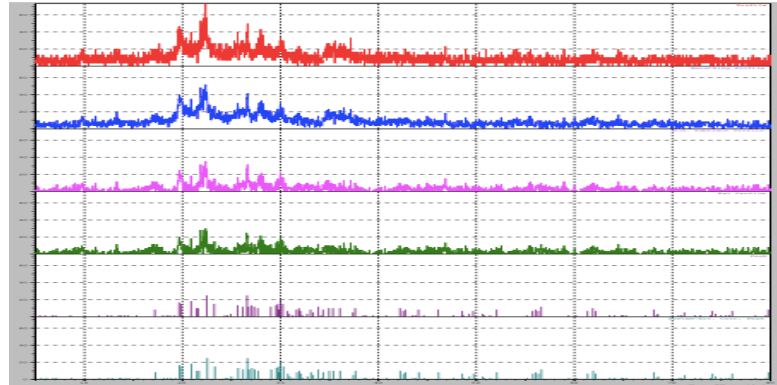


Spektrum absorpsi UV-Vis ekstrak klorofil daun pandan

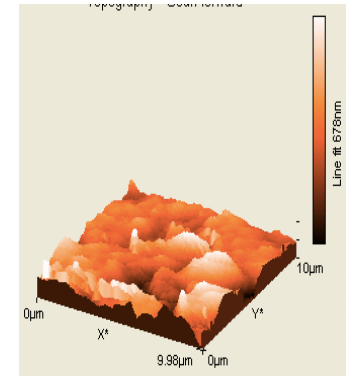
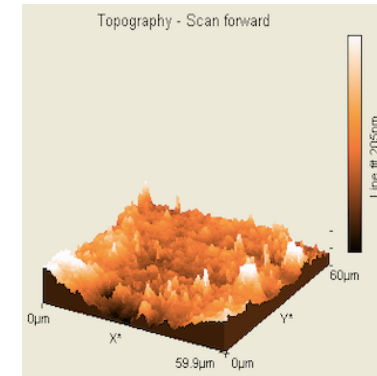
# HASIL DAN PEMBAHASAN



Difraktogram TiO<sub>2</sub> anatase

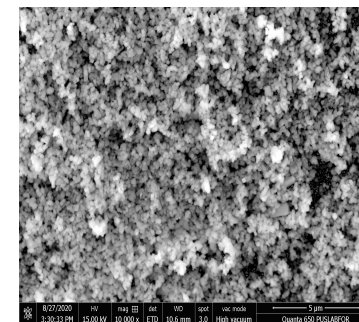


Difraktogram Montmorilonit

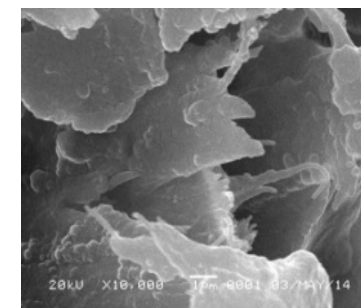


Sebelum digunakan    Sesudah digunakan  
Topografi hasil DSSC

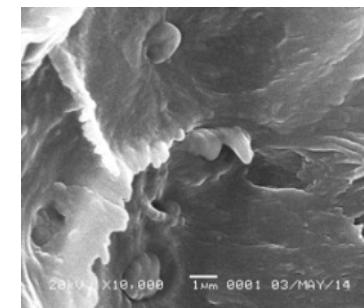
Perlakuan sampel direndam (Klorofil)	Jsc <sup>a</sup> (mA/cm <sup>2</sup> )	Pmaks (mWatt)	FF <sup>b</sup> (%)	η <sup>c</sup> (%)
MMT-PSS (0:100)	0.2994	0.5306	27.9980	6.0297
MMT-PSS(25:75)	0.2769	0.8494	33.1889	9.6521
MMT-PSS(50:50)	4.5271	6.3205	25.4314	7.1824
MMT-PSS (75:25)	0.3514	0.5484	23.3269	6.2317
MMT-PSS(100:0)	0.0047354	0.001	31.4458	0.1258
<b>Kontrol</b>				
TiO <sub>2</sub>	0.0012602	0.001	26.8869	0.2067



TiO<sub>2</sub>



PS



PSS

Morfologi permukaan dan penampang lintang

LUARAN WAJIB

# PUBLIKASI PADA JURNAL INTERNASIONAL

## Status: Published



RASĀYAN *J. Chem.*

Vol. 13 | No. 3 | 1612-1618 | July - September | 2020

ISSN: 0974-1496 | e-ISSN: 0976-0083 | CODEN: RJCABP

<http://www.rasayanjournal.com>

<http://www.rasayanjournal.co.in>

### ENHANCEMENT OF EFFICIENCY OF NATURAL DYE ON HARVESTING SOLAR ENERGY BY INCORPORATED MONTMORILLONITE NANOPARTICLE

S. Mulijani\*, G. Syahbirin, A. Wulanawati, B. Marita, A. Saputra, Shabrina and M. Nurbakti

Department of Chemistry, IPB University, Bogor-16680, (West Java) Indonesia

\*E-mail: [srimulijani@apps.ipb.ac.id](mailto:srimulijani@apps.ipb.ac.id)

#### ABSTRACT

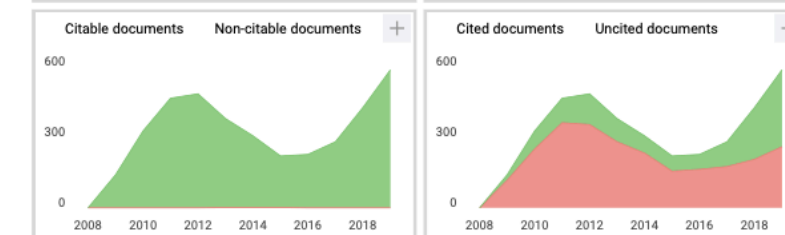
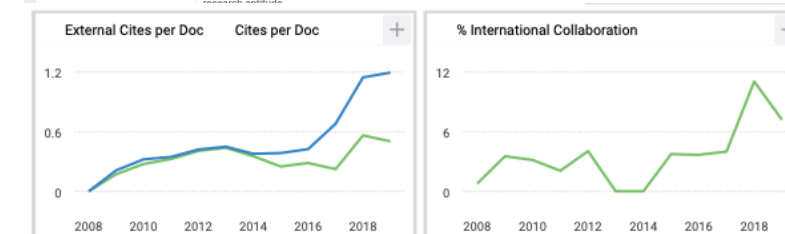
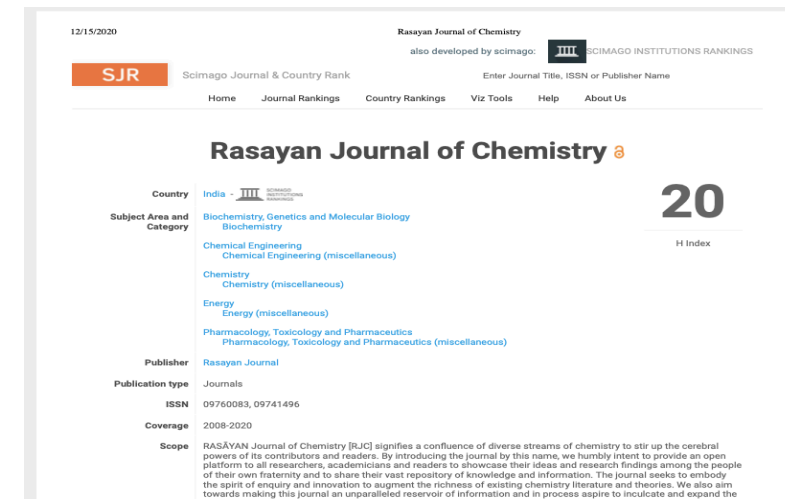
Natural dye is widely considered by researchers for replacing the synthetic dye. The sensitizer in dye sensitizes solar cells on account of its containing double bond group in their molecule structure and the promising ability for donating and accepting an electron. In this research, we evaluate the performance of incorporated montmorillonite clay and polystyrene sulfonate to improve the efficiency of the dye-sensitized solar cell. Montmorillonite and polystyrene sulfonate were doped into TiO<sub>2</sub> and then poured to the surface of ITO glass. Composite montmorillonite-polystyrene/TiO<sub>2</sub> was then immersed in anthocyanin as a natural dye that was extracted from red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*). Performance functions of montmorillonite-polystyrene sulfonate, like a doped in dye-sensitized solar cell, were evaluated by determination of photoconversion efficiency. Thermal gravimetric analysis was employed to evaluate the thermal stability of montmorillonite-polystyrene sulfonate. It was observed that the addition of montmorillonite-polystyrene sulfonate increased photoconversion efficiency.

**Keywords:** Montmorillonite, Natural Dye, Polystyrene Sulfonate, Photoconversion Efficiency, Dye Sensitizer.

© RASĀYAN. All rights reserved

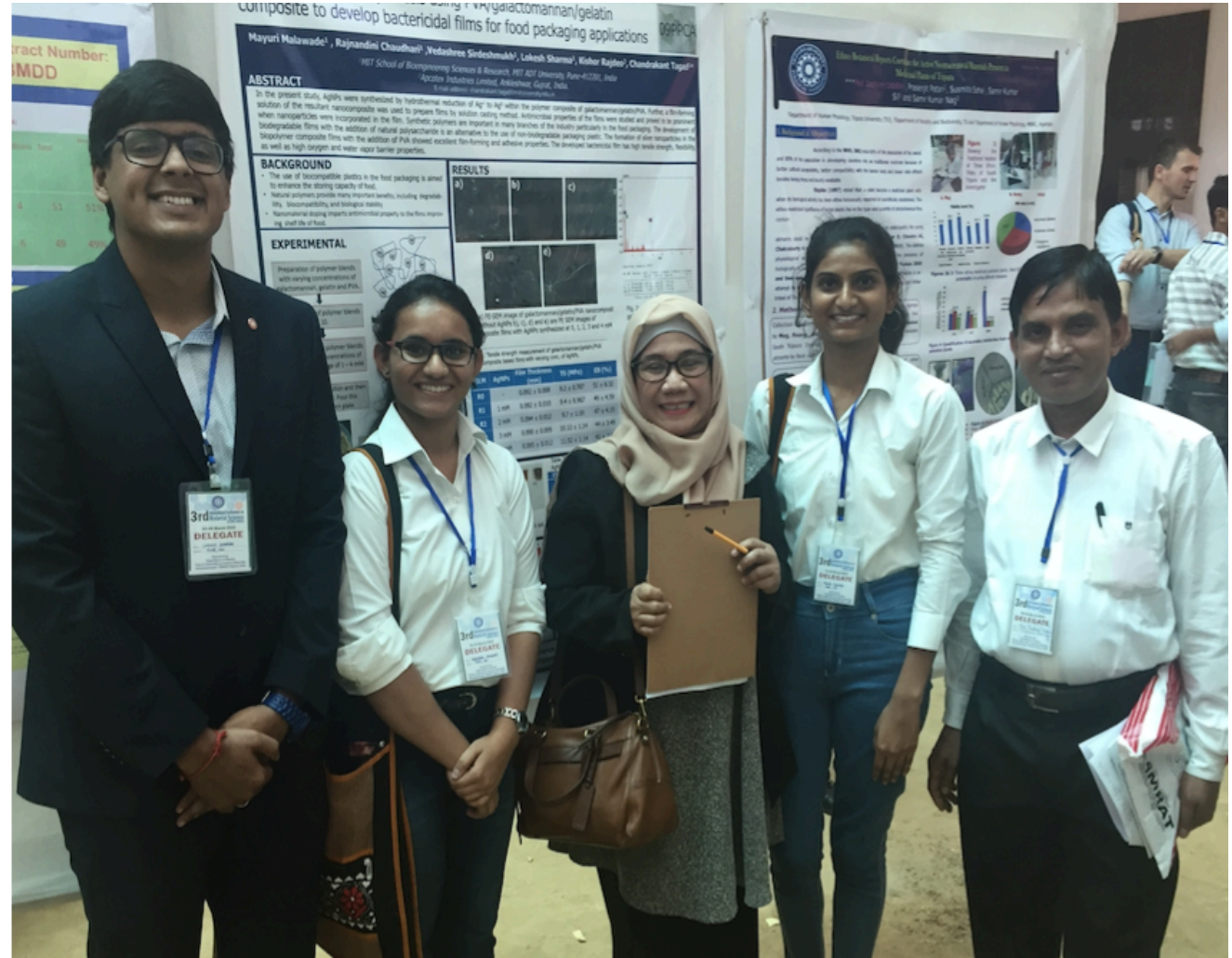


IPB University  
— Bogor Indonesia —



# LUARAN LAINNYA

# SEMINAR INTERNASIONAL



## SIMPULAN

- Senyawa porfirin yang terdapat pada klorofil dapat digunakan sebagai *photosensitizer* DSSC.
- Penambahan montmorillonite dapat meningkatkan nilai efisiensi.
- Penambahan polistirena tersulfonasi sebagai membran elektrolit akan membantu meningkatkan efisiensi DSSC lebih dari 80% dengan PSS memiliki derajat sulfonasi lebih dari 30%.
- Polistirena tersulfonasi dapat digunakan sebagai pengganti cairan elektrolit DSSC.





# UCAPAN TERIMA KASIH

- LPPM IPB University
- Kementerian Riset dan Teknologi
- Puslabfor
- Laboratorium Bersama Departemen Kimia IPB
- Laboratorium Fisika Departemen Fisika IPB

Thank  
you!