

## Penentuan Nilai Efisiensi *Dye Sensitized Solar Cell* dari Pigmen Fotosintesis Mikroalga Laut Tropis *Navicula sp* galur TAD

Eka Rahmat Mahayani Anthonio Putera Lilipaly<sup>1</sup>, Ivonne Telussa<sup>2\*</sup>, Eirene G. Fransina<sup>2</sup>, Alfa Musa Imanuel Efruan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ambon

<sup>2</sup>Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pattimura, Indonesia

<sup>3</sup>Laboratorium Biokimia Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pattimura, Indonesia

Corresponding author: [ivon\\_telussa@gmail.com](mailto:ivon_telussa@gmail.com)

### Article history

Received: 9 April 2022

Received in revised form:

1 January 2023

Accepted: 1 January 2023

DOI:

10.17977/um0260v6i22022p005

### Kata-kata kunci:

Klorofil

Karotenoid

*Dye-Sensitized Solar Cell*

*Navicula sp.*

TAD

Pigmen fotosintesis

### Abstrak

Sel surya yang menggunakan pewarna sebagai sensitizer terus berkembang. Pewarna sintesis yang digunakan sebagai bahan sensitisasi sel surya memiliki biaya produksi yang tinggi, sulit ditemukan, dan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Pigmen fotosintesis sebagai sensitizer dianggap sebagai solusi untuk masalah ini. Dalam penelitian ini, kami menyelidiki pengaruh pigmen fotosintesis dari *Navicula sp.* TAD sebagai bahan *dye-sensitized* pada efisiensi *dye-sensitized solar cell*. Untuk mendapatkan biomassa yang tinggi, *Navicula sp.* TAD dibudidayakan dalam media yang dimodifikasi. *Navicula sp.* TAD memiliki pigmen fotosintesis yang terdiri dari klorofil dan karotenoid. Sel surya menggunakan ekstrak pigmen kasar dengan konsentrasi 300 ppm yang diserap oleh TiO<sub>2</sub> sebagai elektroda memiliki nilai efisiensi sebesar  $4,475 \times 10^{-4}\%$ .

### Abstract

*Solar cells using dyes as sensitizers continue to expand. The synthetic dye used as a sensitizing material for solar cells has high production costs, difficult to find, and can cause environmental pollution. Photosynthetic pigments as sensitizers are considered to be the solution to this matter. In this research, we investigated the effect of photosynthetic pigments from the Navicula sp. TAD as a dye-sensitized material on the efficiency of dye-sensitized solar cell. To obtain high biomass, the Navicula sp. TAD was cultivated in a modified medium. Navicula sp. TAD has photosynthetic pigments consisting of chlorophyll and carotenoid. Solar cells using a crude pigment extract with a concentration of 300 ppm absorbed by TiO<sub>2</sub> as an electrode have efficiency values of  $4.475 \times 10^{-4}\%$ .*

### PENDAHULUAN

Matahari merupakan sumber energi utama di bumi. Kelimpahan sinar matahari merupakan sumber energi alternatif pengganti energi fosil. Terutama untuk wilayah Indonesia yang letaknya sangat strategis, diantara 6° Lintang Utara dan 11° Lintang Selatan dan membentang di sepanjang garis khatulistiwa. Hal inilah yang membuat Indonesia memiliki intensitas sinar matahari yang cukup besar

dan stabil sepanjang tahun (Kemenristek, 2006). Dengan jumlah yang sangat besar dan melimpah, sangat memungkinkan energi matahari dijadikan sebagai sumber energi alternatif pengganti fosil. Untuk mewujudkan hal tersebut, perlu dikembangkan sistem yang dapat mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik.

Sel surya merupakan sumber energi alternatif ramah lingkungan. Pada tahun 1954, sel surya kristalin silikon diperkenalkan dari laboratorium

Bell, dengan efisiensi 4,5%. Namun, sel surya jenis ini memiliki kekurangan karena proses pembuatan kristal silikon tunggal sangat mahal (Chapin *dkk.*, 1954). Sel surya terus dikembangkan dengan menggunakan pewarna sintetik yang mencapai efisiensi lebih tinggi. Namun, bahan pemeka sel surya yang sintesis ini memiliki biaya produksi tinggi, sulit ditemukan, dan dapat menciptakan polusi lingkungan (Chang *dkk.*, 2013).

Mikroalga laut, salah satunya *Navicula sp.* memiliki berbagai macam variasi pigmen fotosintesis (Telussa, 2019). *Navicula sp.* adalah diatom yang hidup melekat satu sama lain membentuk koloni, berbentuk mirip perahu, berdinding silika, dan berwarna coklat kuning. Warna coklat kuning pada sel *Navicula sp.* mengindikasikan dominasi kandungan pigmen karotenoid yang tinggi. Pigmen ini berperan untuk melindungi sel dari kondisi tekanan lingkungan khususnya intensitas cahaya tinggi. Selain itu, pigmen klorofil a dan c juga disintesis dalam sel *Navicula sp.* yang berperan penting untuk menangkap cahaya dalam proses fotosintesis. Oleh karena itu, sel-sel *Navicula sp.* sangat menarik untuk dieksplorasi sebagai sumber penghasil pigmen fotosintesis sebagai pemeka sel Surya.

## METODE

### Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain mikroalga (*Navicula sp.* galur TAD), akuades, air asin, kertas saring, glutaraldehid 25%, HNO<sub>3</sub> pekat, *strain fali yeast*, kain katun Masini™, Etanol, aseton, silika gel, n-heksan, etil asetat, larutan elektrolit KI/I<sub>3</sub> (0,5 M KI/0,05 I<sub>3</sub> M), asetonitril, pasta TiO<sub>2</sub>. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: neraca analitik (Ohaus Adventurer™ Pro), *hot plate* dan *magnetic stirrer* (Cimarec 2), seperangkat alat gelas (Pyrex), batang pengaduk, corong, cawan petri, pompa dan slang, pH meter (Cultiline), mikroskop cahaya, autoklaf (TOMY ES-215), lampu neon, *neubauer haemocytometer*, pompa vakum, sentrifus, mikropipet, pendingin balik, Kromatografi Lapis Tipis (KLT), spektrofotometer UV-Vis, kaca ITO.

### Kultivasi *Navicula sp.* galur TAD

Sel *Navicula sp.* galur TAD ditanam dalam medium modifikasi (Telussa, *dkk* 2022). Kultivasi dilakukan dengan kerapatan sel awal  $5 \times 10^5$  sel mL<sup>-1</sup> dalam fotobioreaktor sederhana pada temperatur ruang di bawah intensitas cahaya 67,3  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$

dengan fotoperiode 12:12 jam (gelap:terang), salinitas 28 ppt, pH 8,2–8,5 dan diaerasi dengan gelembung udara bebas.

### Pemanenan biomassa *Navicula sp.* galur TAD

Sel *Navicula sp.* galur TAD yang telah dikultivasi dipanen dengan menggunakan teknik sedimentasi dan filtrasi menggunakan kain katun Masini™. Biomassa basah Sel *Navicula sp.* galur TAD ditimbang menggunakan neraca analitik untuk mendapatkan berat biomassa basah. Selanjutnya, biomassa basah dikeringkan menggunakan alat pengering beku selama 24 jam sampai kering dan ditimbang untuk mendapatkan berat biomassa kering.

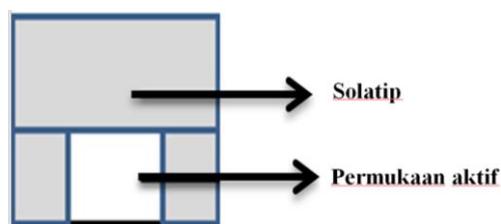
### Proses ekstraksi Pigmen

Sebanyak 5 gram biomasa dimeserasi diatas penangas es, dengan pelarut aseton (1:1, v/v) selama 2 jam. Selanjutnya disentrifugasi dengan kecepatan 5000 rpm selama 10 menit dan diambil supernatannya. Supernatan merupakan ekstrak kasar pigmen yang akan dimurnikan.

### Pembuatan sel surya yang dipeka pigmen fotosintesis *Navicula sp.* galur TAD

Sel surya yang difabrikasi pada penelitian ini menggunakan ekstrak kasar pigmen. Substrat yang digunakan dalam pembuatan sel surya ini berupa kaca konduktif transparan ITO dengan ukuran 1,25×1,25 cm. Sebelum digunakan, kaca ITO terlebih dahulu dibersihkan dengan deterjen khusus pembersih kaca, kemudian berturut-turut dicuci dengan aseton, aquabidest, dan etanol. Setelah bersih, kaca ITO disonikasi selama 20 menit lalu dibilas hingga bersih. Kaca ITO dikeringkan di dalam oven 60°C, lalu siap untuk digunakan (Chang *dkk.*, 2013). Pada penelitian ini, digunakan pasta TiO<sub>2</sub> sebagai semikonduktor. Pada perakitan sel surya, diperlukan 2 bagian yang akan dirakit menyerupai roti lapis, yaitu bagian anoda dan katoda. Pada bagian anoda, ujung-ujung kaca ITO berukuran 1,25 × 1,25 cm ditutupi dengan solatip hingga membentuk permukaan aktif berukuran 0,5 × 0,5 cm yang akan dilapisi pasta TiO<sub>2</sub> (Gambar 1). Pelapisan pasta TiO<sub>2</sub> pada kaca ITO digunakan dengan cara *doctor blade*, yaitu menggunakan bantuan batang pengaduk untuk meratakan pasta TiO<sub>2</sub> pada kaca konduktif. Setelah memperoleh lapisan tipis, kaca dikeringkan pada suhu ruang, kemudian selatip dilepaskan dari permukaan kaca konduktif. Kaca yang telah dilapisi pasta TiO<sub>2</sub> ini kemudian dipanaskan pada suhu 450°C selama 30

menit dan didinginkan pada ruang. Pigmen yang telah dipisahkan kemudian dilarutkan kembali dalam aseton untuk kemudian diteteskan ke permukaan lapisan aktif agar anoda lebih peka terhadap cahaya.



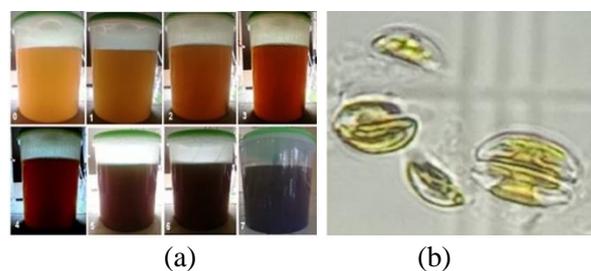
**Gambar 1.** Topografi kaca ITO yang dilapisi oleh TiO<sub>2</sub>.

Pada bagian katoda, kaca ITO dilapisi dengan karbon dengan ukuran kaca dan luas permukaan yang sama. Karbon yang dilapiskan pada kaca diperoleh dari pensil. Divais sel surya dibuat dengan cara mengimpitkan bagian anoda dan katoda seperti roti lapis (*sandwich*), lalu diimpitkan dengan bantuan penjepit kertas. Sebelum direkatkan, pada sebagian daerah anoda yang tidak dilapisi TiO<sub>2</sub> (kaca konduktif dengan TiO<sub>2</sub>) dilapisi selotip tipis untuk menghindari kontak langsung dengan bagian katoda. Pada celah sisi divais, disuntikkan larutan elektrolit KI/I<sub>3</sub> (0,5 M KI/0,05 I<sub>3</sub> M dalam 25 mL asetonitril). Sel surya kemudian diukur kemampuannya untuk menangkap cahaya dan mengkonversinya menjadi arus listrik. Cahaya yang digunakan bersumber dari *solar simulator* dengan daya 100 mW cm<sup>-2</sup>, intensitas 1 Sun (94000 lux = 1269 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), dan jarak antara sumber cahaya dengan sel surya yaitu 10 cm. Arus listrik yang dihasilkan sel surya diukur menggunakan multimeter digital (Keithley-2400) pada tegangan tertentu. Jarak antara sumber cahaya dan sel adalah 10 cm. Berdasarkan arus listrik pada tegangan tertentu yang diperoleh dari sel surya akan ditentukan nilai  $J_{sc}$ ,  $V_{oc}$ ,  $FF$ , dan  $\eta$  (Grätzel, 2003).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

*Navicula sp.* galur TAD ditumbuhkan dalam Medium modifikasi untuk mendapatkan sel yang banyak. Medium modifikasi merupakan medium sederhana yang berisi campuran nitrat, silikat, besi, dan fosfat. Dengan menggunakan sel awal 5×10<sup>5</sup> sel mL<sup>-1</sup> pada intensitas cahaya 5000 lux, fotoperiode 12:12, sel ditumbuhkan selama 7 hari. memperlihatkan perubahan warna kultur dan kerapatan sel yang berbeda selama pertumbuhan. Perubahan warna kultur pada hari ke-7 mengkonfirmasi perubahan kerapatan sel pada

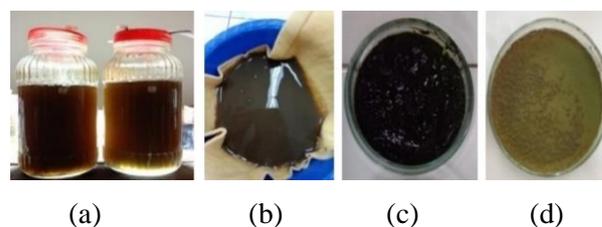
pertumbuhan *Navicula sp.* galur TAD, dimana warna kultur yang lebih gelap menunjukkan jumlah sel yang lebih banyak dan produktifitas biomassa yang lebih tinggi (Gambar 2).



**Gambar 2.** Kultur *Navicula sp.* galur TAD (a) kultivasi selama 7 hari (dari kiri ke kanan: 1. Hari ke 0; 2. Hari ke 1; 3. Hari ke 2; 4. Hari ke 3; 5. Hari ke 4; 6. Hari ke 5; 7. Hari ke 6; 8. Hari ke 7), (b) Pengamatan sel dibawah mikroskop cahaya.

## Pemanenan *Navicula sp.* galur TAD

Pemanenan sel *Navicula sp.* galur TAD dilakukan pada hari ke 7 dengan warna kultur yang gelap yang menunjukkan jumlah sel yang banyak. Pemanenan dilakukan dengan teknik sedimentasi dan filtrasi (Gambar 3). Pada teknik sedimentasi, proses pengendapan semakin cepat jika perbedaan berat jenis dan ukuran partikel atau materi semakin besar, sebaliknya proses pengendapan lambat jika perbedaan berat jenis dan ukuran partikel kecil (Santoso, 2017).



**Gambar 3.** Proses pemanenan biomassa basah *Navicula sp.* galur TAD (a) Pengendapan Kultur (b) filtrasi (c) biomassa basah; (d) biomassa kering.

## Ekstrak Pigmen Fotosintesis *Navicula sp.* galur TAD

Ekstrak kasar pigmen *Navicula sp.* galur TAD, dilakukan dengan cara melarutkan biomassa kering dalam pelarut aseton murni. Penggunaan aseton murni sebagai pelarut pigmen fotosintesis juga dapat menghambat aktivitas dari enzim klorofilase (Jeffrey dan Hallegraef, 1987). Dimana klorofilase merupakan enzim yang berperan dalam katabolisme klorofil menjadi klorofilida, sehingga senyawa klorofil tidak rusak oleh aktivitas dari enzim

tersebut. Pigmen fotosintesis terdapat pada membran tilakoid, sehingga sel *Navicula sp.* galur TAD perlu dipecah terlebih dahulu sehingga pigmen dapat terekstrak keluar dari sel. Proses pemecahan sel dilakukan dengan metode mekanik melalui pengerusan menggunakan mortal, kemudian untuk proses ekstraksi dilakukan dengan metode maserasi selama 2 jam dalam penangas es. Pigmen memiliki kestabilan rendah jika terpapar cahaya dan suhu yang tinggi, sehingga penggunaan penangas es untuk menjaga suhu tetap dalam kondisi yang dingin sehingga mencegah kerusakan ekstrak kasar pigmen akibat panas. Ekstrak pigmen yang diperoleh berwarna hijau muda kekuningan yang menunjukkan adanya campuran pigmen klorofil dan karotenoid (Gambar 4). Hasil isolasi pigmen fotosintesis ini di dapatkan nilai yield yang sebesar  $0,31\% \pm 0,0012$ .



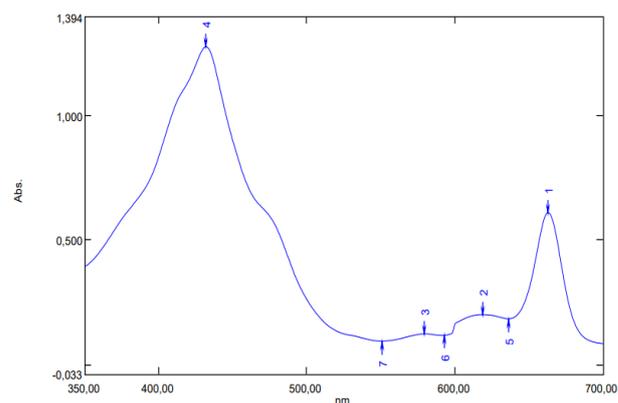
**Gambar 4.** Ekstrak pigmen fotosintesis *Navicula sp.* galur TAD.

Ekstrak kasar *Navicula sp.* galur TAD diidentifikasi dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Gambar 5 menunjukkan spektrum dari ekstrak kasar pigmen fotosintesis *Navicula sp.* galur TAD diidentifikasi pada rentang panjang gelombang 350–700 nm. Klorofil menyerap cahaya biru-ungu (pita Soret dengan rentang panjang gelombang 350–450 nm) dan cahaya merah (pita Q dengan rentang panjang gelombang 550–700 nm). Secara spesifik, klorofil *a* menyerap cahaya pada panjang gelombang 380, 410, dan 430 nm (daerah pita soret) dan panjang gelombang 533, 579, 616 dan 662 nm (pita Q). Sedangkan karotenoid menyerap cahaya pada rentang panjang gelombang 400–500 nm. Puncak serapan  $\beta$ -karoten diamati pada panjang gelombang 450 dan 474 nm, sementara itu puncak serapan fukosantin pada 447 dan 479 nm.

#### Sel Surya yang Dipekakan Pigmen *Navicula sp.* galur TAD

Rangkaian pembuatan sel surya yang dipekakan terdiri dari beberapa komponen, yaitu fotoanoda, katoda, larutan elektrolit, dan bahan

pemeka yaitu berupa pigmen (Gambar 6). Mekanisme kerja dari sel surya ini, dimana ketika foton dari sinar matahari mengenai elektroda kerja (fotoanoda), energi foton akan diserap oleh bahan pemeka (pada penelitian ini menggunakan pigmen *Navicula sp.* galur TAD pada partikel  $\text{TiO}_2$ , sehingga elektron dari pigmen tersebut akan tereksitasi kemudian diinjeksikan ke pita konduksi  $\text{TiO}_2$  yang berperan sebagai akseptor elektron. Kemudian elektron akan ditransfer melalui rangkaian luar sel surya ke elektroda pembanding (katoda). Elektron akan masuk kembali ke sel surya dan akan bereaksi dengan larutan elektrolit dan akan dibantu dengan karbon pada katoda sebagai katalis. Katalis ini digunakan untuk mempercepat reaksi reduksi triiodida pada larutan elektrolit. Elektrolit tersebut menyediakan elektron pengganti untuk molekul pigmen yang teroksidasi, sehingga pigmen akan kembali ke keadaan awal atau semula. Reaksi ini akan berlangsung terus-menerus selama elektrolit masih dapat meregenerasi proses oksidasi-reduksi tersebut (Kay dan Grätzel, 1996).

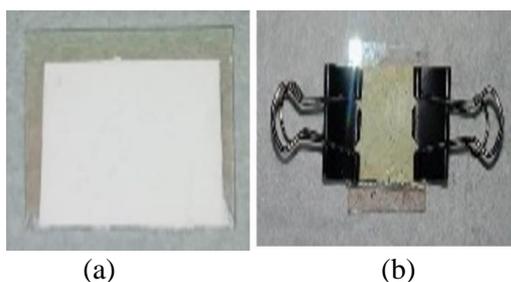


**Gambar 5.** Spektrum sinar tampak dari ekstrak pigmen fotosintesis.

#### Sel Surya yang Dipekakan Pigmen *Navicula sp.* galur TAD

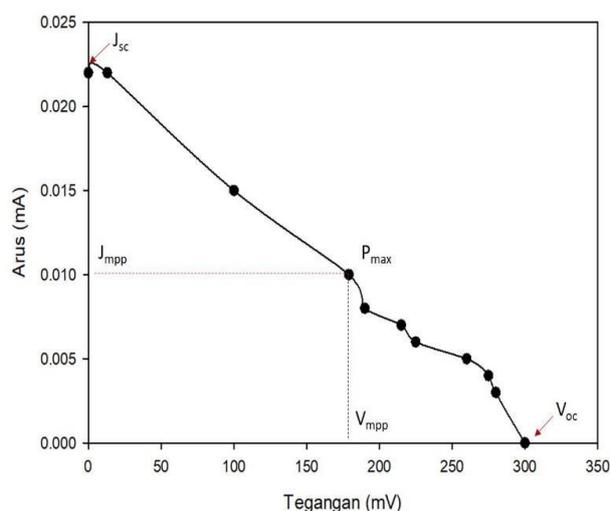
Rangkaian pembuatan sel surya yang dipekakan terdiri dari beberapa komponen, yaitu fotoanoda, katoda, larutan elektrolit, dan bahan pemeka yaitu berupa pigmen (Gambar 6). Mekanisme kerja dari sel surya ini, dimana ketika foton dari sinar matahari mengenai elektroda kerja (fotoanoda), energi foton akan diserap oleh bahan pemeka (pada penelitian ini menggunakan pigmen *Navicula sp.* galur TAD pada partikel  $\text{TiO}_2$ , sehingga elektron dari pigmen tersebut akan tereksitasi kemudian diinjeksikan ke pita konduksi  $\text{TiO}_2$  yang berperan sebagai akseptor elektron. Kemudian elektron akan ditransfer melalui

rangkaian luar sel surya ke elektroda pembanding (katoda). Elektron akan masuk kembali ke sel surya dan akan bereaksi dengan larutan elektrolit dan akan dibantu dengan karbon pada katoda sebagai katalis. Katalis ini digunakan untuk mempercepat reaksi reduksi triiodida pada larutan elektrolit. Elektrolit tersebut menyediakan elektron pengganti untuk molekul pigmen yang teroksidasi, sehingga pigmen akan kembali ke keadaan awal atau semula. Reaksi ini akan berlangsung terus-menerus selama elektrolit masih dapat meregenerasi proses oksidasi-reduksi tersebut (Kay dan Grätzel, 1996).



Gambar 6. Fotoanoda sebelum (a) dan sesudah (b) dipekan pigmen fotosintesis.

Nilai efisiensi terbaik diperoleh pigmen santofil (pekat). Gambar 7 merupakan kurva fotovolt yang dihasilkan dari sel surya yang dipekan oleh pigmen kasar (300 ppm) dari *Navicula sp.* galur TAD. Sel surya ini menghasilkan nilai arus ( $J_{sc}$ )  $2,2 \times 10^{-5}$  A, nilai tegangan balik ( $V_{oc}$ ) yaitu 0,3 V, fill factor (FF) 0,270, dan efisiensi  $4,475 \times 10^{-4}\%$  (Tabel 1).



Gambar 7. Kurva I-V ekstrak kasar 300ppm.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Pangestuti dkk., dibuat sel surya yang dipekan menggunakan Antosianin dari Buah Buni (*Antidesma bunius L*)

menghasilkan efisiensi  $3,3 \times 10^{-5}\%$  dengan  $J_{sc}$  0,179 A,  $V_{oc}$  0,223 V, dan FF 0,251. Sementara itu, Nurachman dkk, 2015 melaporkan bahwa ekstrak pigmen fotosintesis dari *Chlorella sp.* PP1 menghasilkan efisiensi sebesar  $1 \times 10^{-3}\%$  dengan  $J_{sc}$  0,012 mA/cm<sup>2</sup>,  $V_{oc}$  0,230 V, dan FF 0,352. Jika dibandingkan dengan penelitian Pangestuti dkk., efisiensi yang diperoleh pada penelitian ini masih cukup tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan pigmen fotosintesis lebih baik dalam penyerapan energi foton. Dengan demikian, pigmen fotosintesis dari mikroalga laut *Navicula sp.* galur TAD dapat digunakan sebagai bahan pemeka sel surya dan mampu menghasilkan arus listrik.

Tabel 1. Karakteristik fotoelektrik sel surya yang dipekan pigmen *Navicula sp.* galur TAD.

Jenis Pigmen	Nilai			
	$V_{oc}$ (V)	$J_{sc}$ (A)	FF	$\eta$ (%)
Ekstrak kasar	0,3	$2,2 \times 10^{-5}$	0,270	$4,475 \times 10^{-4}$

## KESIMPULAN

Efisiensi sel surya menggunakan pigmen fotosintesis dari *Navicula sp.* galur TAD sebagai *dye-sensitized* sel surya menghasilkan karakteristik fotoelektrik pada pigmen kasar dengan konsentrasi 300 ppml yaitu  $J_{sc}$   $2,2 \times 10^{-5}$  A;  $V_{oc}$  0,3 V; FF 0,270; dan  $\eta$   $4,475 \times 10^{-4}$  %, sehingga pigmen fotosintesis dari mikroalga laut *Navicula sp.* galur TAD dapat digunakan sebagai bahan *dye-sensitized* sel surya dan mampu menghasilkan arus listrik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chang, H., Kao, M. J., Chen, T. L., Chen, C. H., Cho, K.Ch., & Lai, X. R. (2013). Characterization of Natural Dye Extracted from Wormwood and Purple Cabbage for Dye-Sensitized Solar Cells. *International Journal of Photoenergy*, 6346: 1-9.
- Chapin, D. M., Fuller, C. S., & Pearson, G. L. (1954). A New Silicon p-n Junction Photocell for Converting Solar Radiation into Electrical Power. *Journal of Applied Physic*, 25(5): 676-677.
- Grätzel, M., 2003. Dye-Sensitized Solar Cells, *Journal of Photochemistry and Photobiology C : Photochemistry Reviews*, 4(2), 145-15

- Jeffrey, S. W., & Hallegraef, M.G. (1987). Chlorophyllase Distribution in Ten Classes of Phytoplanton: A Problem for chlorophyll Analysis. *Journal of Marine Ecology-Progress Series*, 35, 293-304
- Kay, A., & Grätzel, M. (1996). Low Cost photovoltaic Modules Based on Dye Sensitized Nanocrystalline Titanium Dioxide and Carbon Powder. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 44(1), 99-117
- Kemenristek, K, N., 2006. *Penelitian, Pengembangan, dan Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bidang Sumber Energi Baru dan Terbarukan untuk Mendukung Keamanan Ketersediaan Energi Tahun 2025*. Jakarta.
- Nurachman, Z., Hartini, Rahmaniyah, W. R., Kurnia, D., Hidayat, R., Prijamboedi, B., . . . Nurbaiti, S. (2015). Tropical Marine *Chorella* sp. PPI as a Source of Photosynthetic Pigments for Dye-Sensitized Solar Cells. *Journal Algal Research*, 10: 25-32.
- Pangestuti, D, L., Gunawan., dan Haris, A., 2008. Pembuatan Dye Sensitized Solar Cells (DSSC) dengan Sensitaizer Antosianin dari Buah Buni (*Antidesma Bunius L*). *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 11(3), 70-77.
- Santoso, A. D. (2017). Pemanenan Mikroalga Dengan Metode Sedimentasi. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 10:1.
- Telussa, I., Hattu, N., & Sahalessy, A. (2022). Morphological Observation, Identification and Isolation of Tropical Marine Microalgae from Ambon Bay, Maluku. *Journal of Chemical Research*, 9(3): 137-143.
- Telussa, I., Rusnadi, & Nurachman, Z. (2019). Dynamics Of  $\beta$ -Carotene And Fucoxanthin Of Tropical Marine *Navicula* Sp. As Response To Light Stress Conditions. *Algal Research*, 41(101530) : 1-10