



- (1) **Dr. Agus Supriyanto, S.Si.,M.Si.** Lahir di Bandung, 26 Agustus 1969. Pria yang memiliki NIP 196908261999031001 adalah staf pengajar di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNS. Riwayat pendidikan tinggi yang berhasil diselesaikannya adalah tahun 1995 lulus sarjana (S-1) dari Universitas Padjadjaran untuk bidang ilmu: Fisika, tahun 2000 lulus Magister (S-2) dari Intitut Teknologi Bandung untuk bidang ilmu: Fisika Material Elektronik, dan berhasil meraih gelar Doktor (S-3) dari Universitas Gadjah Mada untuk bidang ilmu: Fisika Material Semikonduktor Organik pada tahun 2011. Judul dan ringkasan Disertasi disajikan dalam 2 (dua) versi bahasa Indonesia dan English sebagai berikut.

**KAJIAN SIFAT OPTIK DAN ELEKTRONIK KLOORIFIL ALAM SEBAGAI MATERIAL AKTIF FOTOSENSITIZER ORGANIK.** Material semikonduktor berbahan dasar senyawa organik alam dapat dikembangkan, diproduksi dan diaplikasikan pada devais mikroelektronik dan optoelektronik. Aplikasi material organik klorofil dan kompleks logamnya telah banyak diteliti sebagai sensitizer untuk fotodetektor dan sel-surya. Meskipun demikian penelitian klorofil alam yang diperoleh dari bahan alam sebagai material sentitizer pada devais fotodetektor masih sedikit sehingga perlu dikembangkan.

Isolasi klorofil alam dari berbagai alam bahan alam seperti daun mengkudu, daun singkong, daun bayam, mikroalgae klorella, dan mikroalgae spirulina telah dilakukan dengan menggunakan teknik ekstraksi dan kromatografi. Larutan klorofil dikarakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis, FTIR, dan karakterisasi arus-tegangan ( $I$ - $V$ ) untuk mengetahui fotokonduktivitasnya. Mikroalgae spirulina mempunyai kandungan klorofil yang lebih baik dan relatif mudah untuk diisolasi. Spektrum UV-Vis senyawa ini mempunyai *soret band* pada 410 nm dan *Q band* 660 nm, sesuai dengan tipikal klorofil. Konduktivitas pada keadaan gelapnya sekitar  $1,07 \times 10^{-5} \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$  dan pada radiasi sebesar  $100 \text{ mW/cm}^2$  naik menjadi  $1,54 \times 10^{-5} \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ .

Pembuatan lapisan tipis klorofil dilakukan dengan metode *spin coating*. Parameter pembuatan meliputi konsentrasi larutan klorofil, laju *spin*, temperatur pemanasan, dan waktu pemanasan lapisan tipis. Spektra absorbansi UV-Vis lapisan tipis klorofil sama dengan spektrum

larutannya. Konsentrasi larutan klorofil yang baik  $5,67 \mu\text{g/ml}$  dengan laju *spin* 1500 rpm, waktu *spin* 60 detik dan suhu pemanasan di wabah  $200^\circ\text{C}$  dan waktu pemanasan 15 menit. Lapisan tipis klorofil mempunyai celah pita energi (HOMO-LUMO) sebesar 2,10 eV, sesuai dengan hasil komputasi semiempirik metode ZINDO/S. Pada suhu 373 K konduktivitas keadaan ohmik sebesar  $1,2 \times 10^{-13} \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$  dan pada keadaan SCLC sebesar  $1,48 \times 10^{-12} \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ . Pada berbagai variasi tegangan panjar untuk keadaan ohmik mulai 0,1-0,8 volt memberikan energi aktivitas sebesar 0,15-0,17 eV.

Pada pembuatan prototipe devais fotosensitizer organik, lapisan tipis klorofil dikombinasikan dengan lapisan tipis semikonduktor  $\text{TiO}_2$  nanopartikel, dengan susunan devais yang pertama ITO/ $\text{TiO}_2$ /klorofil/Al dan yang kedua ITO/klorofil/ $\text{TiO}_2$ /Al. Pada kedua devais tersebut. Lapisan klorofil dibuat dengan 1, 3, 5, 7 kali *spin coating*. Efek fitivoltik yang terbaik dimiliki devais dengan 3 kali pelapisan klorofil. Devais ITO/Klorofil/ $\text{TiO}_2$ /Al ini mempunyai  $J_{sc}$   $5,76 \mu\text{A/cm}^2$ ,  $V_{oc}$  648 mV dan responseivitas  $5,75 \times 10^{-5} \text{ A/W}$ .

Penelitian ini menunjukkan bahwa klorofil alam dari mikroalgae spirulina mempunyai efek sensitizer yang cukup baik dan dapat diaplikasikan pada devais fotodetektor maupun sel surya. Hasil penelitian ini berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut dalam desain sel surya sebagai alternatif sel surya anorganik. [Kata kunci: Klorofil alam,  $\text{TiO}_2$ , Fotosensitizer, Fotodetektor, Sel surya]

**STUDY ON OPTICAL AND ELECTRICAL PROPERTIES OF NATURAL CHLOROPHYL AS THE ACTIVE MATERIAL OF ORGANIC PHOTOSENSITIZER.** Semiconducting materials based on organic natural products has been widely developed, produced and applied in the microelectronics and optoelectronics devices. Application of organic compound of phorphyrin and its metal complexes as photodetector and solar cell has been investigated. Research on natural chlorophyll that is available in the nature as a sensitizer for photodetector is still limited and needs to be well developed.

Isolation of natural chlorophyll from a variety of natural resources such as *mengkudu*, cassava, spinach, mikroalgae klorella, and mikroalgae spirulina has been carried out using extraction and



chromatography techniques. The chlorophyll solution was characterized using UV-Vis spectroscopy, FTIR spectroscopy, and current-voltage (I-V) to determine its photoconductivity. Microalgae spirulina has better chlorophyll content and is relatively easy to isolate. The UV-Vis spectrum of chlorophyll has sores band at 410 nm and Q band at 660 nm, consistent with that of typical chlorophyll. Its dark conductivity is about  $1.07 \times 10^{-5} \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$  and when it is irradiated with intensity of  $100 \text{ mW/cm}^2$  becomes  $1.54 \times 10^{-5} \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ .

The growth of chlorophyll film was realized by spin coating technique. The concentration of chlorophyll solution, spin rate and spin time, temperature, and time of heating are optimized first. The best conditions are attained where concentration of chlorophyll at  $5.67 \mu\text{g/mL}$ , spin rate at 1500 rpm, time of spin 60 seconds, and heating temperature below  $200^\circ\text{C}$  for 15 minutes. The chlorophyll thin film has HOMO-LUMO band gap of 2.15 eV and it is consistent with the results of semi empirical calculation using ZINDO/S method. The conductivity of chlorophyll thin film increases with increase in heating temperature for both ohmic and SCLC conditions. For ohmic condition at 373 K. Conductivity of the film is  $1.2 \times 10^{-13} \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$  and for SCLC condition is  $1.48 \times 10^{-12} \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ . The activation energies at various applied potential for ohmic condition from 0.1-0.8 volts was found to be 0.16-0.19 eV.

In the fabrication of devices based on organic photodetectors, the chlorophyll was combined alternatively with inorganic semiconductor of  $\text{TiO}_2$  nanoparticle. The first device configuration is ITO/ $\text{TiO}_2$ /chlorophyll/Al and the second one is ITO/chlorophyll/ $\text{TiO}_2$ /Al. For both devices, chlorophyll film was made with 1, 3, 5 and 7 times of spin coating. The best photovoltaic effect is obtained from device made by 3 times of spin coating. The device ITO/chlorophyll/ $\text{TiO}_2$ /Al obtained with 3 times spin coating of chlorophyll shows the highest  $J_{sc}$  of  $5.76 \mu\text{A/cm}^2$ ,  $V_{oc}$  of 648 mV and responsivity  $5.75 \times 10^{-5} \text{ A/W}$ .

This work shows that natural chlorophyll isolated from microalgae spirulina has good sensitizing effect and it can be applied as organic photodetector. These research outputs are potential to be developed in the design of solar cell to help ease energy future shortage. [Keywords: *Natural chlorophyll, TiO<sub>2</sub>. Photosensitizing, Photodetector, Solar cell*]