

Analisis Mobilitas Pembawa Muatan Lapisan Tipis Klorofil *Spirulina sp* Hasil Deposisi Spin Coating

Muhamad Mustain, Defi Sulistyana, Utari dan Budi Purnama

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sebelas Maret, Surakarta
muh_mustain@yahoo.com

Received 23-02-2013, Revised 17-05-2013, Accepted 08-06-2013, Published 30-04-2014

ABSTRACT

Analysis of carrier charge mobility of *Spirulina sp* thin films produced by spin coating have been conducted. Measurement of carrier charge mobility has been done by $I-V$ method. Mobility of carrier charge decreased with an increased of the layer number. It indicates that a threshold value of carrier charge of population number over flow on conduction band.

Keywords : *Spirulina sp*, spin coating, mobility

ABSTRAK

Analisis mobilitas pembawa muatan lapisan tipis *Spirulina sp* hasil deposisi spin coating telah berhasil dilakukan. Pengukuran mobilitas pembawa muatan dilakukan dengan metode $I-V$. Mobilitas pembawa muatan menurun dengan kenaikan jumlah perulangan lapisan tipis. Hal ini menegaskan keberadaan ambang batas jumlah populasi pembawa muatan mengalir pada kanal/pita konduksi.

Kata kunci : *Spirulina sp*, *spin coating*, mobilitas

PENDAHULUAN

Sejak diketahui potensi aplikasi bahan semikonduktor organik di bidang elektronika, mekanisme transport mobilitas pembawa muatan adalah salah satu bidang kajian yang banyak menjadi perhatian para peneliti^[1,2,3]. Saat ini, salah satu pemanfaatan fenomena transport di bidang elektronika adalah *Organic Light Emitting Diode* (OLED)^[4]. Banyak ragam metode penentuan mobilitas pembawa muatan seperti metode *time-of-flight* (TOF), metode *xerographic discharge*, metode *equilibrium charge carrier extraction*, metode *current drift*, metode *space-charge-limited-current* (SCLC), metode *conductivity/ concentration* (s/n), metode *field effect transistor* (FET), dan metode *surface acousto-electric traveling wave* (SAW)^[5,6].

Pada makalah ini akan ditentukan mobilitas pembawa muatan lapisan tipis *Spirulina sp* hasil deposisi spin coating. Metode *current drift* ($I-V$) dipilih untuk penentuan nilai mobilitas ini mengingat kemudahan dan tingkat realisasinya lebih tinggi. Akhirnya ketergantungan nilai mobilitas dengan jumlah perulangan lapisan tipis akan diklarifikasi.

METODE

Transport elektronika dideskripsikan sebagai induksi medan listrik yang mengakibatkan pembawa muatan bergerak dengan kecepatan v dan ber-superposisi dengan kecepatan akibat merata hamburan dan panas yang dinyatakan sebagai rapat arus j

$$j = e \cdot n \cdot \langle v \rangle \quad (1)$$

dengan e adalah muatan elektron, n adalah rapat pembawa muatan lokal. Hubungan antara $\langle v \rangle$ dan medan listrik E merefleksikan hukum Ohm yang dinyatakan

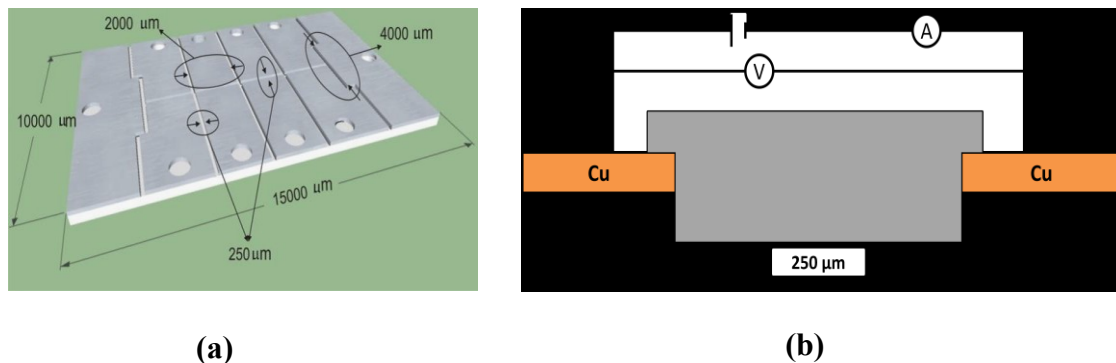
$$\langle v \rangle = \mu \cdot E \quad (2)$$

dengan μ adalah mobilitas pembawa muatan yang merupakan besaran transport intrinsik dari bahan semikonduktor tertentu. Substitusi persamaan (2) ke persamaan (1) diperoleh persamaan

$$j = e \cdot n \cdot \mu \cdot E \quad (3)$$

Dari persamaan (3) maka mobilitas pembawa muatan dapat ditentukan.

Prosedur eksperimen, diawali dengan isolasi *dye* klorofil *Spirulina sp* dari serbuk *Spirulina sp*. Mula-mula dilakukan ekstraksi, yaitu serbuk *Spirulina sp* dicampur acetone dengan perbandingan 1 : 5. Kemudian dilakukan proses evaporasi untuk memisahkan campuran larutan ekstraksi dengan pelarutnya. Prosedur selanjutnya adalah kromatografi dengan N-Heksan. Silika gel digunakan untuk mempercepat laju pemisahan *dye* klorofil *Spirulina sp*. Kemudian sampel diklarifikasi tipikal serapan/absorbansi dengan menggunakan Spektrometer Uv-Vis. Tahapan berikutnya adalah penumbuhan lapisan tipis. Untuk keperluan pengujian serapan, lapisan tipis dideposisi pada substrat kaca. Sedangkan untuk kepentingan pengukuran mobilitas, lapisan tipis ditumbuhkan pada substrat PCB berpola elektrode. Kecepatan putar deposisi keseluruhan sampel adalah $\omega = 2500$ rpm. Proses *heating* setelah deposisi dilakukan pada suhu 60°C selama 60 detik. Modifikasi sampel dilakukan dengan memvariasi jumlah lapisan yaitu 3, 5, 7, dan 9 lapis. Tahapan terakhir adalah karakterisasi sampel. Karakteristik absorbansi lapisan tipis diukur dengan uv-vis. Sedangkan, ketebalan dihitung dengan metode gravitasi. Akhirnya, pengukuran mobilitas menggunakan metode *I-V* berbasis persamaan (3) pada suhu ruang.

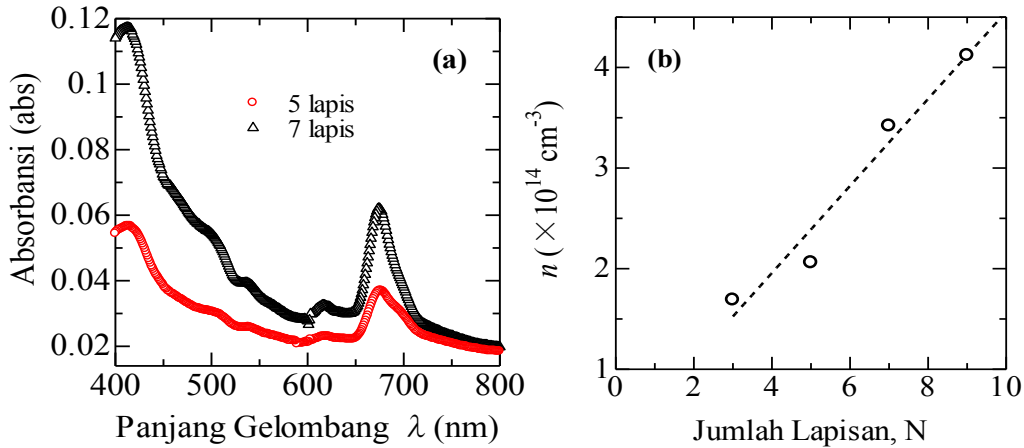


Gambar 1. (color online) (a) Skematik substrat *print circuit board (PCB)* dan (b) diagram skematik pengukuran mobilitas dengan metode *I-V*

Gambar 1. (a) menunjukkan ukuran skematik substrat *printed circuit board (PCB)* ber-elektroda Cu sebagai tempat menumbuhkan lapisan tipis klorofil. Dimensi panjang dan

lebar PCB keseluruhan 15000 μm dan 10000 μm, jarak antar celahnya 250 μm dengan tebal 80 μm dan tebal elektrodanya 35 μm. Sedangkan Gambar 1b adalah diagram skematik pengukuran mobilitas pembawa muatan dengan metode *I-V*.

HASIL DAN PEMBAHASAN



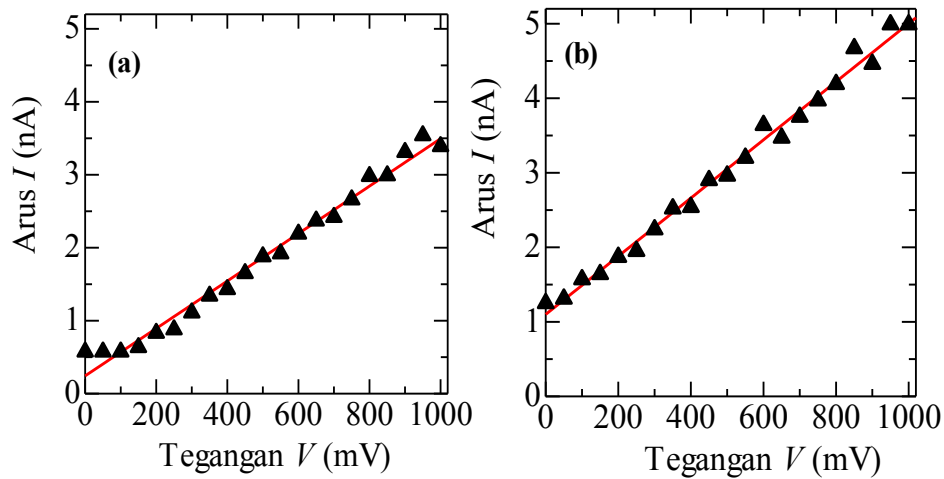
Gambar 2. (a) (*color online*) Grafik absorbansi lapisan tipis klorofil *Spirulina sp* dengan 2 variasi jumlah lapisan dan (b) perhitungan populasi pembawa muatan berdasar kurva serapan.

Gambar 2. (a) memperlihatkan tipikal kurva absorbansi lapisan tipis *Spirulina sp* untuk N = 5 lapis dan N = 7 lapis. Teramati dengan jelas bahwa jumlah lapisan meningkatkan absorbansi sampel. Nilai absorbansi pada λ = 675 nm untuk N = 5 adalah 0,014 dan N = 7 adalah 0,032. Tinggi puncak kurva serapan uv-vis mengindikasikan konsentrasi klorofil sebagai pembawa muatan pada lapisan tipis yang terbentuk^[7] dan dapat dihitung dengan persamaan (4).

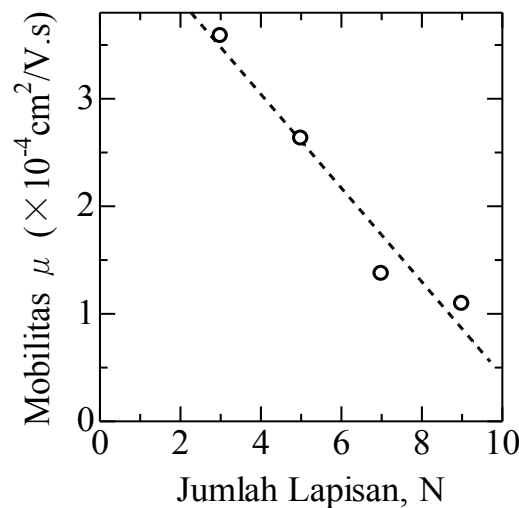
$$ch - a = 12,25 \times A_{663,6} - 2,55 \times A_{643,6} \text{ mg/L} \tag{4}$$

Dengan mengetahui massa relatif molekul *chlorophyll a*, maka nilai kerapatan pembawa muatan dapat dihitung seperti ditunjukkan Gambar 2b. Teramati dengan jelas bahwa kenaikan jumlah perulangan lapisan tipis akan meningkatkan konsentrasi pembawa muatan (dalam hal ini klorofil) terdeposisi.

Berdasar persamaan (3), rapat arus $J = I/A$ dengan I adalah arus yang mengalir pada sampel dan A adalah luas tampang lintang. Sedangkan medan listrik $E = V/d$ dengan V adalah tegangan antara dua elektrode dan d adalah jarak antara dua elektrode. Dengan asumsi fenomena transport dibawah pengaruh medan listrik E mengikuti hukum Ohm, maka hasil pengukuran dapat diplotkan I sebagai fungsi V dan konstanta mobilitas μ dapat ditentukan dari nilai gradient/kemiringan kurva. Tipikal kurva $I-V$ lapisan tipis *Spirulina Sp* ditunjukkan pada Gambar 3. Dari Gambar dapat diamati bahwa perbedaan jumlah lapisan menentukan kemiringan kurva yang dibentuk.



Gambar 3 (a) Grafik I - V lapisan tipis klorofil *Spirulina sp* untuk $N = 5$ lapis dan (b) $N = 9$ lapis. Garis tegas adalah tren grafik garis lurus.



Gambar 4 Grafik mobilitas μ pembawa muatan sebagai fungsi jumlah lapis N

Dari nilai gradien yang diperoleh pada analisis sebelumnya, dengan asumsi tidak membedakan mobilitas pembawa muatan positif dan negatif, maka μ mobilitas rerata dapat dihitung seperti ditunjukkan Gambar 4. Dari Gambar menunjukkan bahwa μ menurun dengan kenaikan jumlah lapisan. Peningkatan jumlah lapisan dari $N = 3$ menjadi $N = 9$ menurunkan nilai μ hingga $\sim 1/3$. Seperti telah diketahui bahwa, nilai μ dipengaruhi oleh masa efektif pembawa muatan dan suhu. Dengan asumsi massa efektif pembawa muatan tidak berubah dengan kenaikan jumlah lapisan (N), maka peningkatan N akan menambah populasi pembawa muatan (n). Jika arus hanyut diasumsikan mengalir pada pita konduksi, maka peningkatan populasi akan menyebabkan mobilitas pembawa muatan menurun. Hal ini juga menunjukkan keberadaan ambang batas jumlah populasi pembawa muatan mengalir pada kanal/pita ini. Nilai μ yang diperoleh pada penelitian ini se-orde dengan mobilitas pembawa muatan yang telah dipublikasikan^[8,9,10].

KESIMPULAN

Analisis mobilitas pembawa muatan lapisan tipis *Spirulina sp* dengan metode *I-V* telah dilakukan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa mobilitas pembawa muatan menurun dengan kenaikan jumlah perulangan lapisan tipis. Hal ini menegaskan keberadaan ambang batas jumlah populasi pembawa muatan mengalir pada kanal/pita konduksi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Podzorov, V., Menard, E., Borissov, A., Kiryukhin, V., Rogers, J.A., dan Gershenson, M.E. 2004. Intrinsic Charge Transport on the Surface of Organic Semiconductor, *Physics Review Letter*, Vol. 93, No. 8, 086602.
2. Bäessler, H. dan Köhler, A. 2012. Charge Transport in Organic Semiconductors. *Top Curr.Chem*, Vol. 312. Hal. 1-66.
3. Coropceanu, V., Cornil, J., Demetrio A., Filho, S., Olivier, Y., Silbey, R. dan Brédas, J. 2000. Charge Transport in Organic Semiconductors. *Chemical Review*, Vol. 107. Hal. 926-952.
4. Chen, P., Lei, Y. L., Liu, R., Zang, Q.M., Zhang, Y. dan Xiong, Z.H. 2010. Influence of DCM Dye Doping on The Magnetic Field Dependent Electroluminescence in Organic Light Emitting Diodes. *Science China Physics, Mechanics and Astronomy*, Vol. 53, No. 1. Hal. 24-29.
5. Karl, N. 2003. Charge Carrier Transport in Organic Semiconductors. *Synthetic Metals*, Vol. 133–134. Hal. 649–657.
6. Tiwari, S. dan Greenham, N.C. 2009. Charge Mobility Measurement Techniques in Organic Semiconductors. *Opt. Quant. Electron*, Vol. 41, No. 2, Hal. 69–89.
7. Porra, R.J., Thompson, W.A. dan Kriedemann, P.E. 1989. Determination of Accurate Extinction Coefficients and Simultaneous Equations for Assaying Chlorophylls a and b Extracted with Four Different Solvents: Verification of The Concentration of Chlorophyll Standards by Atomic Absorption Spectroscopy. *Biochimica et Biophysica Acta*, Vol. 975, Hal. 384-394
8. Kwok, H.L. 2003. Carrier Mobility in Organic Semiconductor Thin Films. *Rev. Adv.Mater. Sci.*, Vol 5, Hal. 62-66.
9. Kim, J.Y., Chung, I.J., Lee, C., Kim, Y.C., Kim, J.K. dan Yu, J.W. 2005. Mobility of Electrons and Holes in an n-Type Organic Semiconductor Perylene Diimide Thin Film, *Current Applied Physics*, Vol. 5, Hal. 615–618.
10. Wang, Z.B., Helander, M.G., Greiner, M.T., Qiu, J. dan Lub, Z.H. 2010. Carrier Mobility of Organic Semiconductors Based on Current-Voltage Characteristics. *Journal of Applied Physics*, Vol. 107, 034506.