

Penentuan Faktor Kalibrasi Fotodioda SP45ML Terhadap Standar CIE-1978

Trisno Yuwono Putro, Suheri Bakar, Paula Santi Rudati

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail :psrudati@polban.ac.id

ABSTRAK

Meningkatnya kebutuhan akan komponen elektronika baik dari segi kualitas maupun jenisnya, mendorong timbulnya berbagai penelitian di bidang tersebut. Penelitian yang saat ini aktif dikembangkan antara lain adalah penelitian di bidang komponen elektronika organik seperti misalnya Organic Light Emitting Diode (OLED), Organic Photovoltaic (OPV), dan Organic Sensors (OS). Salah satu kebutuhan utama dalam pengembangan penelitian tersebut adalah tersedianya sistem pengukuran. Tulisan ini melaporkan hasil penelitian yang terkait dengan penyediaan kebutuhan sistem pengukuran terkomputerisasi untuk komponen elektronika organik, dalam hal ini OLED. Penelitian yang telah dilakukan bertujuan menentukan faktor kalibrasi dari sensor cahaya fotodioda SP45ML terhadap standar CIE-1978 berkaitan dengan *photopic vision*. Kalibrasi dilakukan melalui pengukuran intensitas cahaya dari tiga jenis Light Emitting Diode (LED) yang masing-masing mengemisikan panjang gelombang (λ) 645 nm, 550 nm, dan 460 nm dengan menggunakan *luxmeter*. Hasil pengukuran *luxmeter* dikalibrasikan ke tegangan keluaran sensor fotodioda SP45ML dengan menggunakan standar CIE-1978. Hasil pengukuran memberikan faktor kalibrasi senilai 2,78 lux/volt yang selanjutnya dapat digunakan dalam pengembangan perangkat lunak sistem pengukuran terkomputerisasi.

Kata Kunci

LED, CIE, fotodioda, SP45ML, kalibrasi

1. PENDAHULUAN

Teknologi komponen elektronika mengalami perkembangan yang pesat sejak ditemukannya komponen elektronika berbasis material semikonduktor. Perkembangan ini diikuti dengan berkembangnya teknologi komponen elektronika berbasis material semikonduktor organik. Teknologi ini memberikan peluang untuk melakukan rekayasa material dan pengembangan teknologi pemrosesan sebagai upaya untuk memperoleh komponen dengan unjuk kerja yang lebih baik. Salah satu usaha untuk mendukung pengembangan ini adalah menyediakan fasilitas penelitian.

Kebutuhan tersebut di atas mendorong berkembangnya teknologi komponen elektronika berbasis material semikonduktor organik. Sejak ditemukannya komponen *organic light emitting diodes* (OLEDs) dengan efisiensi yang menjanjikan pada tahun 1990 oleh kelompok *Cambridge University* [1], penelitian di bidang ini mengalami perkembangan yang pesat. Berbagai hasil penelitian dan produk komponen elektronika dipublikasikan hingga saat ini antara lain adalah *Multi-Colour Organic Light-Emitting Displays by Solution Processing* [2], televisi fleksibel dari Sony pada CES 2009, dan OLEDs fleksibel dari *General Electric*-2008.

Teknologi komponen elektronika organik ini membuka peluang yang besar di bidang rekayasa material organik, dan teknologi proses. Dibidang rekayasa material, terbuka peluang yang besar untuk menemukan material-material baru yang memberikan karakteristik yang berbeda. Adanya perubahan gugus kimia pada suatu molekul dapat memberikan sifat-sifat fisika yang berbeda misalnya *bandgap* yang berbeda. Usaha-usaha untuk mendapatkan proses produksi yang efisien, dan ramah lingkungan terus dilakukan antara lain melalui pengembangan metoda *solution process* yang meliputi proses pembuatan dengan metoda *spincoating*, *inkjet printing*, *screen printing*, dan *roll-to-roll printing*.

Upaya pengembangan tersebut di atas diiringi dengan timbulnya kebutuhan fasilitas penelitian antara lain fasilitas karakterisasi dalam bentuk sistem pengukuran terkomputerisasi yang memungkinkan pengukuran secara cepat, akurat, dan terekam. Keperluan sistem pengukuran ini antara lain untuk menentukan karakteristik arus terhadap tegangan, karakteristik intensitas cahaya terhadap tegangan, dan karakteristik efisiensi terhadap tegangan yang menyatakan unjuk kerja OLEDs [2,3,4]. Selain itu, pengukuran karakteristik arus –tegangan juga diperlukan pada komponen elektronika organik yang lain seperti misalnya fotovoltai organik [5], dan transistor organik .

Dalam tulisan ini disampaikan penentuan faktor kalibrasi yang akan digunakan dalam pengembangan perangkat lunak suatu sistem pengukuran terkomputerisasi untuk karakterisasi komponen elektronika organik pengemisi cahaya (OLED). Melalui proses kalibrasi ini diperoleh faktor kalibrasi yang merupakan sensitivitas dari sensor cahaya yang digunakan. Faktor kalibrasi yang diperoleh selanjutnya digunakan sebagai suatu konstanta pemrograman dalam pengukuran terkomputerisasi untuk menentukan intensitas cahaya yang diterima sensor, dimana informasi intensitas cahaya diterima oleh komputer dalam bentuk tegangan dengan satuan Volt.

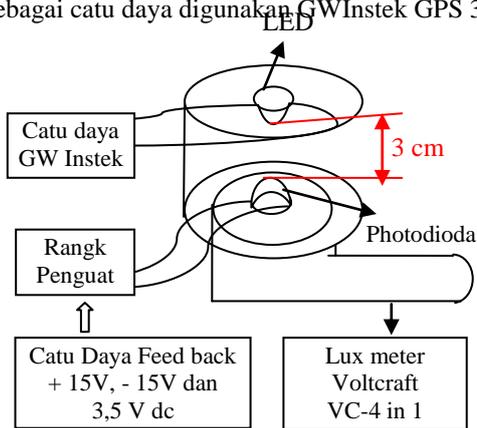
2. EKSPERIMEN

Eksperimen dilakukan dengan menggunakan komponen fotodiode SP45ML sebagai sensor cahaya. Komponen ini dipilih karena memiliki karakteristik respon panjang gelombang elektromagnetik antara 450 nm hingga 1050 nm [6], sehingga mampu memberikan respon terhadap spektrum cahaya tampak mata.

Sumber cahaya yang akan direspon diemisikan oleh komponen Light Emitting Diode (LED). Dalam tulisan ini disampaikan hasil pengukuran dari tiga jenis LED yang masing masing mengemisikan spektrum cahaya tampak mata berwarna merah, hijau, dan biru yang dinyatakan berturut-turut dalam panjang gelombang elektromagnetik (λ) 645nm, 550nm, dan 460nm [7].

Secara garis besar skema pengukuran diberikan pada Gambar 1.

Intensitas cahaya dari LED diukur dengan menggunakan Luxmeter Voltcraft VC-4 in 1. Intensitas cahaya ini diberikan dalam satuan lux dimana 1 lux setara dengan 1 lumen/m² dan 1cd setara dengan 4 π lumen (12,7 lm) [8]. Sebagai catu daya digunakan GWInstek GPS 30300.



Gambar 2: Skema pengukuran

Tegangan keluaran dari fotodiode diukur dengan menggunakan multimeter digital Sanwa CD800a. Sementara sebagai catu daya digunakan catu daya Feedback TK280.

Selanjutnya kalibrasi dilakukan dengan menggunakan standar atau acuan tabel dan grafik hubungan sensitivitas mata terhadap panjang gelombang elektromagnetik cahaya

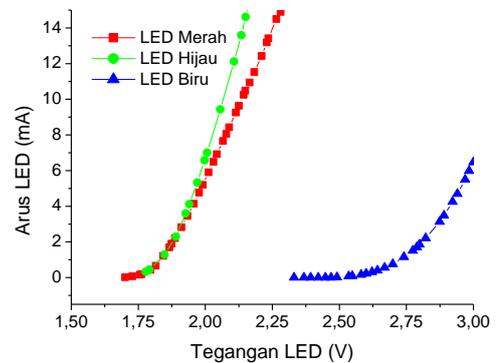
teremisi dari *Comission Internationale De'Leclairage (CIE-International Comission in Illumination)* tahun 1978 mengenai *photopic vision*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

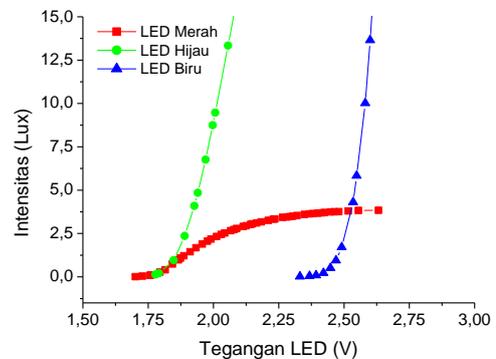
Data yang diperoleh dari hasil pengukuran LED adalah tegangan input yang diberikan pada LED, arus listrik yang melewati rangkaian LED, dan intensitas cahaya dari LED yang diukur oleh fluxmeter. Sementara data yang diperoleh dari fotodiode adalah tegangan keluaran fotodiode sebagai konversi energi dari cahaya yang diterima ke tegangan.

Hasil pengukuran untuk ketiga jenis LED adalah tegangan LED (V_{LED}), Arus LED (I_{LED}), dan intensitas LED (I_L). Data-data tersebut diolah dengan bantuan perangkat lunak *Microcal Origin* sehingga diperoleh hasil pengukuran yang ditampilkan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 2 dan Gambar 3 berupa karakteristik arus dan intensitas cahaya LED terhadap tegangan masukan LED.

Karakteristik tegangan-arus pada Gambar 2 menunjukkan bahwa LED yang mengemisikan cahaya warna biru ($\lambda=460nm$) membutuhkan tegangan *threshold* yang lebih tinggi dibandingkan dengan LED yang mengemisikan cahaya berwarna merah ($\lambda=645 nm$), dan hijau ($\lambda=550 nm$).



Gambar 3: Karakteristik arus dan tegangan LED



Gambar 4: Karakteristik iluminasi dan tegangan LED

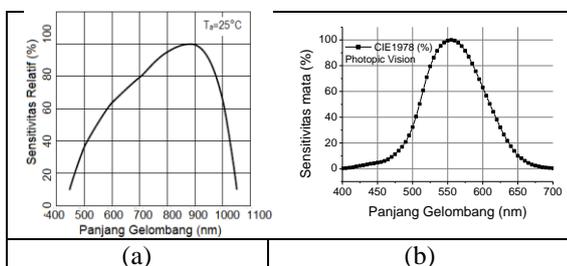
Hal ini berkaitan dengan sifat material dari komponen tersebut yang dinyatakan dengan energi bandgap (ev) [7]. Energi bandgap merupakan energi minimal yang harus diberikan untuk memungkinkan terjadinya rekombinasi elektron-hole yang menimbulkan emisi cahaya. Sesuai dengan postulat kuantum Planck, terdapat hubungan antara energi dan panjang gelombang yaitu $E(ev)=h.\lambda/c$ dengan E adalah energi cahaya, h adalah konstanta Planck, c adalah kecepatan cahaya ($3.10^8m/s$), dan λ adalah panjang gelombang elektromagnetik.

Karakteristik intensitas cahaya terhadap tegangan pada Gambar 3 menunjukkan bahwa hasil pengukuran intensitas cahaya warna merah sangat rendah dibanding dengan cahaya warna hijau dan biru. Selain itu intensitas cahaya warna biru lebih tinggi dibandingkan dengan intensitas cahaya warna hijau. Tingkat intensitas cahaya ini menyatakan jumlah paket cahaya (foton) yang ditransmisikan [7] dan ditangkap oleh sensor *luxmeter*.

Hubungan intensitas cahaya terhadap tegangan keluaran rangkaian sensor dikalibrasi menggunakan standar CIE-1978 sesuai dengan kalibrasi respon *fluxmeter*. Standar CIE-1978 merepresentasikan karakteristik respon mata manusia pada daerah penglihatan *photopic (photopic vision)*, daerah penglihatan pada tingkat cahaya *ambient*[8]. Daerah penglihatan ini dipilih karena komponen elektronika (LED/OLED) yang akan diukur karakteristiknya adalah komponen pengemisi cahaya tampak yang akan digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini sesuai dengan prinsip-prinsip kalibrasi dimana kalibrasi merupakan proses membandingkan terhadap standar [9].

Dengan memperhatikan karakteristik respon fotodiode SP45ML dan karakteristik respon mata yang ditetapkan dalam CIE-1978 sebagai karakteristik ideal seperti yang diberikan pada

Gambar 5, ditentukan faktor koreksi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 5: Sensitivitas terhadap panjang gelombang (a) fotodiode SP45ML[6], (b) CIE-1978[8]

Tabel 1: Faktor koreksi sensitivitas

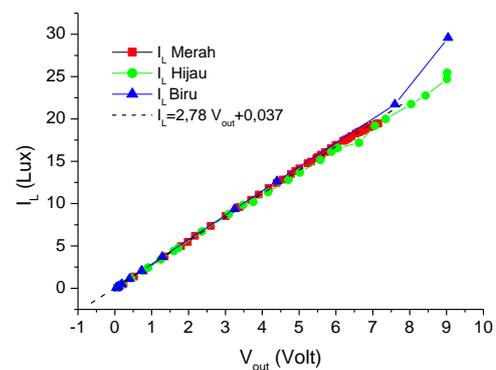
Cahaya	λ (nm)	Sensitivitas SP45ML[6]	Sensitivitas CIE-1978[8]	Faktor Koreksi
Merah	645	70	13,812	5,072
Hijau	550	50	99,495	0,503
Biru	460	13	6,000	2,167

		(%)	(%)	
Merah	645	70	13,812	5,072
Hijau	550	50	99,495	0,503
Biru	460	13	6,000	2,167

Faktor koreksi yang diperoleh digunakan untuk mengoreksi intensitas cahaya yang diukur oleh fluxmeter. Koreksi dilakukan dengan mengalikan nilai intensitas cahaya terukur dengan faktor koreksi seperti diberikan pada Persamaan (1) dengan I_{FD} adalah intensitas fotodiode (lux), I_{FM} adalah intensitas fluxmeter (lux), dan F_k adalah faktor koreksi.

$$I_{FD}=I_{FM}\cdot F_k \tag{1}$$

Hasil koreksi tersebut memberikan karakteristik hubungan intensitas LED dan tegangan keluaran fotodiode seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 6: Karakteristik intensitas terhadap tegangan keluaran fotodiode SP45ML

Karakteristik pada Gambar 5 menunjukkan bahwa hubungan intensitas cahaya yang terukur {I(lux)} terhadap tegangan keluaran photodiode $\{V_{out}(Volt)\}$ merupakan persamaan linear $I_L=2,78.V_{out}+ 0,037$. Dengan mengabaikan faktor koreksi senilai 0,037, diperoleh kemiringan garis yang merupakan faktor kalibrasi senilai $I_L/V_{out} = 2,78$ lux/volt. Faktor kalibrasi ini hanya berlaku untuk sensor cahaya dengan karakteristik respon spektral seperti pada

Gambar 5a. Namun metoda kalibrasi yang sama secara umum dapat diterapkan pada sensor cahaya yang lain untuk menentukan intensitas cahaya dari komponen yang diukur berdasarkan tegangan keluaran dari sensor.

Penentuan faktor kalibrasi ini sangat membantu dalam mengembangkan perangkat lunak suatu sistem pengukuran apabila tidak terdapat karakteristik intensitas cahaya terhadap tegangan keluaran pada datasheet komponen sensor. Apabila datasheet sensor sudah dilengkapi dengan karakteristik intensitas cahaya terhadap tegangan keluaran

sensor, penentuan faktor kalibrasi ini juga membantu untuk verifikasi.

4. KESIMPULAN

Dari keseluruhan hasil percobaan disimpulkan bahwa faktor kalibrasi terhadap standar CIE-1978 senilai 2,78 lux/volt telah diperoleh untuk penggunaan sensor cahaya fotodiode SP45ML dengan menggunakan alat ukur luxmeter Voltcraft VC-4in1.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Direktorat Kelembagaan Dikti dan UPPM Polban karena penelitian ini merupakan bagian dari Penelitian Hibah Bersaing dengan judul “Pengembangan Sistem Pengukuran Terkomputerisasi Untuk Karakterisasi Komponen Elektronika Organik” dengan dana desentralisasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J.H. Burroughes, D.D.C. Bradley, A.R. Brown, R.N. Marks, K. Mackay, R.H. Friend, P.L. Burns, and A. B. Holmes, 1990, *Light-emitting diodes based on conjugated polymers Nature*, 347, 539.
- [2] David Müller, Aurélie Falcou, Nina Reckefuss, Markus Rohjan, Valérie Wiederhorn, Paula Rudati, Holger Frohne, Oskar Nuyken, Heinrich Becker, & Klaus Meerholz, 2003, *Multi-Colour Organic Light-Emitting Displays by Solution Processing*, *Nature*, 42, 829-833.
- [3] Erwin Bacher, Michael Bayerl, Paula Rudati, Nina Reckefuss, David Müller, Klaus Meerholz, & Oskar Nuyken, 2005, *Synthesis and Characterization of Photocrosslinkable Hole-Conducting Polymer*, *American Chemical Society : Macromolecules*, 38, 1640-1647.
- [4] P. S. Rudati, D. C. Mueller, K. Meerholz, *Preparation of Hole-Injection Layers by Cationic Induced Ring-Opening Polymerisation of Oxetane Derivatized TriPhenylamine Dimer for Organic Electronics Devices*, *Procedia Chemistry*, Elsevier-Science Direct, Vol.04. (2012) 216-223.
- [5] C. Brabec, V. Dyakonov, U. Scherf, 2010, *Organic Photovoltaics*, Wiley VCH, Weinheim, ISBN 978-3-527-31675-5.
- [6] Kondeshi Corp., *SP45ML Photodiodes*, Datasheet.
- [7] Gilbert Held, *Introduction to Light Emitting Diode Technology and Application*, Taylor and Francis Group, USA, 2009.
- [8] E. Fred. Schubert, *Light Emitting Diodes*, *Cambridge University Press*, 2. Edition, 2006, ch.16, pp 275-291.
- [9] Alan S. Morris, *Measurement and Instrumentation Principles*, Butterworth Heinemann, Oxford, 1.ed, 2001 chp.4: Calibration of Measuring Sensor and Instruments.