

Karakteristik Model Divais Fotoluminisen RGB Multilapis Berbasis Polimer Hibrid

Norman Syakir,¹ Indra Masruri,¹ Pina Pitriana,² Rahmat Hidayat,² dan Fitrilawati^{1,*}

¹Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,

Universitas Padjadjaran Jl. Raya Bandung-Sumedang KM 21Jatinangor, Sumedang 45363

²KK Fisika Magnetik dan Fotonik, Fakultas MIPA, Institut Teknologi Bandung Jl. Ganesha 10, Bandung 40132

Intisari

Dalam makalah ini dilaporkan hasil karakterisasi model divais fotoluminisen RGB (*Red, Green, Blue*) multilapis berbasis polimer hibrid organik-anorganik. Bahan divais fotoluminisen terbuat dari polimer hibrid yang di doping kromofor organik. Prekursor polimer hibrid dibuat dengan teknik Sol-gel dari monomer 3-(*Trimethoxysilyl*) propyl methacrylate (TMSPMA). Kromofor dopan terdiri dari Nile Red (R), Coumarine-6 (G) dan Coumarine-1 (B). Model divais fotoluminisen RGB terdiri dari tiga lapisan yang dibuat lapis per lapis di atas substrat fused silicadengan menggunakan teknik spincoating. Untuk menghasilkan kombinasi warna emisi, telah dibuat tiga macam model divais dengan konfigurasi urutan lapisan R, G dan B yang berbeda. Karakterisasi dilakukan terhadap pola spektrum absorpsi UV-Vis dan spektrum emisi, dan warna cahaya yang diemisikan. Model divais dengan konfigurasi multilapis memperlihatkan spektrum emisi kontinu dalam rentang 400nm sampai 700 nm yang bersesuaian dengan rentang panjang gelombang cahaya putih. Ketiga konfigurasi model divais memiliki pola spektrum emisi berbeda yang disebabkan oleh urutan mekanisme absorpsi dan emisi antara ketiga lapisan yang berbeda.

ABSTRACT

We report characteristics of RGB multilayer photoluminescence device models based on inorganic-organic hybrid polymer. The hybrid polymer doped with organic chromophores were used as a photoluminescence material. Precursor of hybrid polymer was synthesized from monomer of 3-(*Trimethoxysilyl*) propyl methacrylate (TMSPMA). The organic chromophores consist of Nile Red (R), Coumarine-6 (G) and Coumarine-1 (B). The multilayer device models consist of three layers of hybrid polymer with certain chromophore color that prepared layer by layer on fused silica substrates using spincoating technique. In order to obtain various emission color, three configuration of RGB chromophores were prepared. The device models then characterized using UV-Vis absorption and emission spectroscopies. The multilayer device models show continue emission on the range of 400 nm to 700 nm that related to the range of white light emission. We obtain three different pattern of emission spectra for three different configurations, that caused by different absorption and emission mechanism for different configuration.

KATA KUNCI: hybrid polymers, RGB organic chromophores, photoluminescence device
<http://dx.doi.org/10.12962/>

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu bentuk energi yang paling banyak dipergunakan dalam kehidupan sehari-hari yang mana tidak kurang dari 30% konsumsi listrik tersebut dipakai untuk lampu. Jenis lampu yang banyak digunakan adalah lampu pijar, yang sangat boros karena hampir 90% energi yang dikonsumsi berubah menjadi panas.

Teknologi penghematan energi melalui pengembangan lampu sebagai sumber pencahayaan buatan sudah mencapai tahap yang efisien. Sebagai contoh, lampu fluorosen gas CFL (*Cathode Fluorescence Lamp*), dapat mengkonversi hampir 70% energi yang dikonsumsi menjadi energi cahaya. Namun, lampu CFL tersebut masih memiliki kekurangan terhadap ke-

sehatan dan lingkungan, karena mengemisikan sinar UV dan masih menggunakan unsur logam berat merkuri. Selain itu, bentuk dari lampu fluorosen gas tidak dapat dalam ukuran besar dan bentuknya tidak datar sehingga pencahayaannya dalam ruang kurang memadai.

Lampu fluoresen padat atau SSL (*Solid State Lighting*) merupakan salah satu alternatif untuk menggantikan lampu pijar dan lampu fluoresen gas [1]. Penggunaan lampu fluoresen padat, selain penggunaan gas yang berbahaya dapat dihindari juga emisinya kontinu dalam rentang cahaya tampak. Pemilihan bahan yang tepat, lampu fluoresen padat tersebut diharapkan dapat dibuat dalam bentuk panel lebar dan dapat ditempelkan di mana saja, dengan demikian distribusi pencahayaan dalam ruang dapat menjadi lebih baik dibanding dengan lampu fluoresen biasa. Pada umumnya lampu fluoresen padat dikembangkan dari bahan berbasis fosfor [1], serta semikonduktor seperti AlInGaP [2] dan InGaN [3].

Pada saat ini, teknologi pengembangan lampu yang lebih hemat energi dan ramah lingkungan telah dicapai melalui je-

*E-MAIL: fitrilawati@phys.unpad.ac.id

nis lampu bahan padat. Sebagai contoh, lampu LED (Light Emitting Device) dapat 50% lebih hemat dibanding lampu CFL. Namun, program hemat energi dalam produksi tidak dapat dipenuhi lampu LED karena menggunakan bahan inorganik yang cenderung membutuhkan energi besar dalam pengolahannya. Hal inilah yang menjadi landasan pengembangan SSL berbasis bahan polimer organik atau polimer hibrid organik-inorganik. Penggunaan bahan polimer hibrid, diharapkan biaya produksi dapat dikurangi karena dengan menggunakan bahan polimer tersebut, proses pembuatan divisinya sangat sederhana dan berbiaya murah.

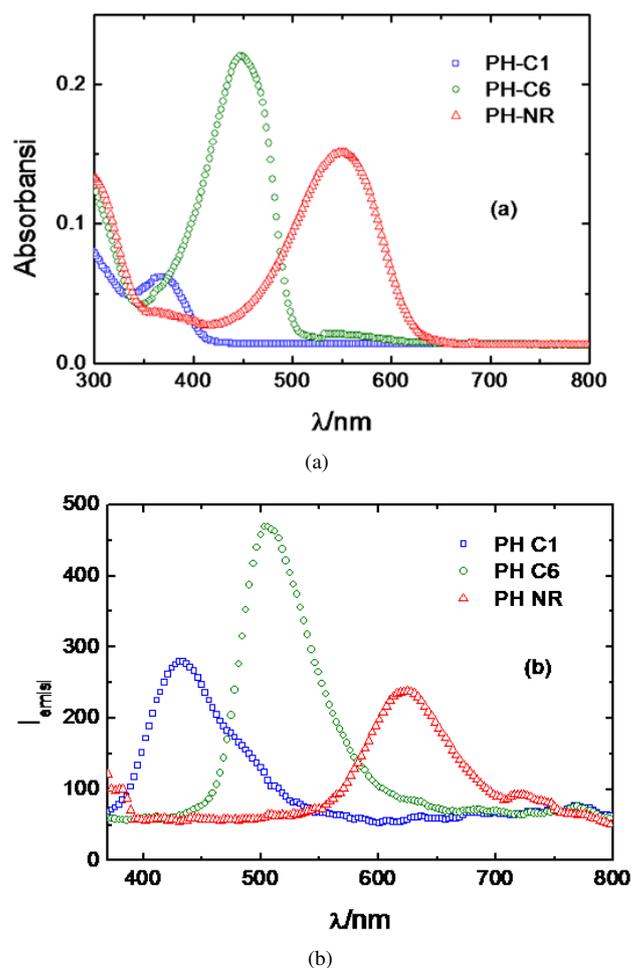
Salah satu pengembangan bahan SSL berbasis polimer yang telah dilaporkan adalah komposit dari polimer polimetil metakrilat (PMMA) dengan bahan fluoresen RGB [4] dan komposit semikonduktor dengan polimer terkonjugasi [5]. Polimer terkonjugasi banyak diteliti sebagai bahan SSL karena bahan tersebut dapat direkayasa strukturnya sehingga dapat menghasilkan emisi putih dengan menggunakan satu jenis bahan saja [6]. Selain itu, dikembangkan juga kombinasi bahan anorganik dan bahan organik yang menggunakan kromofor fluoresen organik untuk bahan untuk lampu fluoresen padat [7]. Penggunaan polimer hibrid diharapkan lebih baik dari polimer biasa karena polimer hibrid memiliki kombinasi dari gugus organik dan gugus anorganik dalam satu rantai sehingga diharapkan dapat memiliki stabilitas termal yang lebih baik.

Dalam makalah ini akan dilaporkan hasil pembuatan model divais fotoluminisen RGB berbasis polimer hibrid dengan konfigurasi multilapis dan hasil karakterisasinya.

II. METODE

Prekursor polimer hibrid organik-anorganik disintesis dari monomer 3-(Trimethoxysilyl) propyl methacrylate (TM-SPMA, Aldrich) dengan menggunakan teknik Sol-gel. Proses sol-gel diawali dengan melarutkan monomer ke dalam etanol, kemudian ke dalam larutan tersebut ditambahkan H₂O sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Kemudian kedalam campuran tersebut ditambahkan katalis HCl sampai keasamaan pH = 2, lalu diaduk pada suhu 60°C dengan laju pengadukan sekitar 200 rpm hingga terbentuk gel transparan. Langkah selanjutnya adalah purifikasi untuk menghasilkan prekursor polimer hibrid yang relatif murni.

Kromofor RGB yang digunakan adalah Coumarine-6 (3-(2-Benzothiazolyl)-7-(diethylamino) Coumarine, Aldrich), Coumarine-1 (7-Diethylamino-4-methyl Coumarine, Aldrich), dan Nile-Red (Nile Blue A Oxazone, Aldrich). Proses doping kromofor RGB pada prekursor polimer hibrid diawali dengan melarutkan masing-masing kromofor dalam kloroform dan melarutkan prekursor dalam kloroform. Selanjutnya, larutan kromofor dengan konsentrasi 0,1% berat dicampurkan dengan larutan prekursor, lalu diaduk agar terbentuk larutan yang homogen. Larutan yang dihasilkan kemudian disaring dengan mikrofilter ukuran 0,45 m dan dikentalkan. Sebelum dibuat lapisan tipis, larutan prekursor polimer hibrid yang mengandung kromofor dicampur dengan fotoinisiator *Irgacure-819* (Ciba Speciality Chemical Inc.) dengan konsentrasi 0,5% be-



Gambar 1: Spektrum absorpsi (a) dan emisi (b) film polimer hibrid dengan dua kromofor emisi biru (film PHC1), emisi hijau (film PHC6), dan emisi merah (film PHNR).

rat terhadap massa prekursor. Selanjutnya, larutan tersebut dibuat menjadi lapisan tipis diatas substrat *fused silica* dengan teknik *spincoating* pada kecepatan 800 rpm.

Model divais fotoluminisen RGB multilapis dibuat lapis per lapis di atas substrat *fused silica*. Ada tiga macam konfigurasi model divais yang dibuat yaitu susunan lapisan B/G/R, G/R/B, dan R/B/G. Lapisan tipis yang didapat selanjutnya dikenakan proses *pre-baked* dalam oven dengan suhu 50°C selama 10 menit, untuk menghilangkan sisa pelarut. Selanjutnya, dilakukan proses fotopolimerisasi selama 4 menit di dalam *chamber* yang dialiri gas nitrogen dengan menggunakan sumber sinar UV dari lampu Merkuri. Langkah selanjutnya adalah proses *post-baked* untuk menyempurnakan proses polimerisasi, yaitu dengan memanaskan sampel yang sudah difotopolimerisasi di dalam oven 50°C selama 6 jam. Tahapan pembuatan divais multilapis selanjutnya adalah pembuatan lapisan kedua dan lapisan ketiga menggunakan prekursor polimer hibrid dengan warna lain. Tahap pelapisan tersebut sama seperti tahapan pembuatan lapisan pertama.

Karakterisasi yang dilakukan meliputi pengukuran spek-

TABEL I: Karakteristik model divais fotoluminesen lapis tunggal yang dinyatakan dalam tinggi relatif puncak spektrum, λ_{maks} absorpsi, λ_{maks} emisi dan warna emisi.

Kode Sampel	Kromofor	λ_{maks} Absorpsi	λ_{maks} Emisi	Warna Emisi
PHC1	Coumarine 1	366 nm (rendah)	431 nm (sedang)	Biru
PHC6	Coumarine 6	454 nm (tinggi)	504 nm (tinggi)	Hijau
PHNR	Nile Red	550 nm (sedang)	624 nm (sedang)	Merah

trum absorpsi menggunakan Spectrometer UV-Vis Absorption, pengukuran spektrum emisi menggunakan modul Spectrometer Fluorescence USB4000, dan perekaman warna emisi menggunakan kamera 10 megapixel.

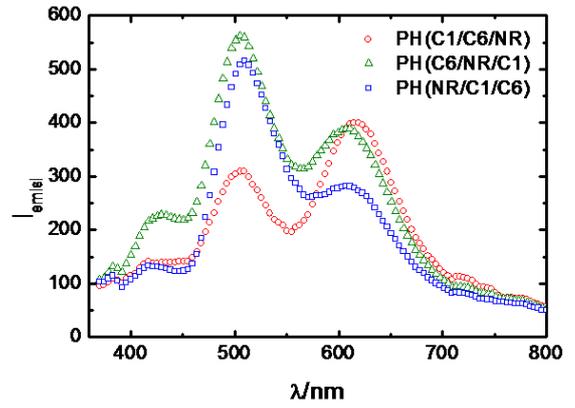
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Prekursor polimer hibrid yang dihasilkan berupa gel bening yang sangat kental. Polimer hibrid yang didoping dengan Coumarine-1 (PHC1) tampak bening, serupa dengan larutan Coumarine-1 dalam kloroform. Dalam bentuk film, PHC1 juga tampak bening dan mengeluarkan emisi berwarna biru jika dikenakan cahaya UV. Polimer hibrid yang didoping dengan Coumarine-6 (PHC6) berwarna hijau dan yang didoping dengan Nile-Red (PHNR) berwarna merah, serupa dengan warna larutan kromofor dalam bentuk larutan. Film PHC6 yang dihasilkan berwarna kuning kehijauan dan film PHNR berwarna merah. Masing-masing sampel tersebut mengeluarkan emisi berwarna hijau dan merah jika dikenakan cahaya UV.

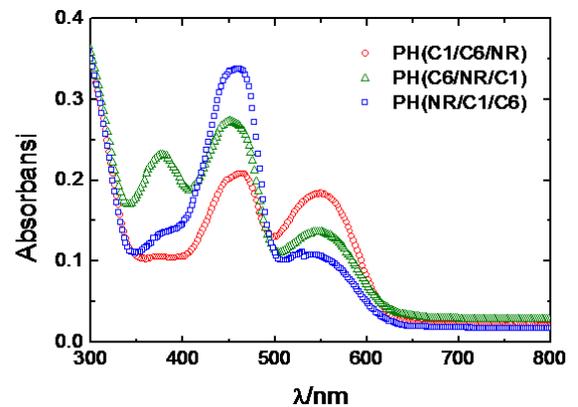
Proses pembentukan model divais multi lapis ini sangat mudah dan sederhana, yaitu dengan teknik *spincoating*. Hal tersebut sangat berbeda dibanding proses pembuatan model divais dari bahan an-organik yang membutuhkan teknik deposisi vakum yang sangat mahal. Dengan demikian, hal tersebut memungkinkan untuk meminimalkan biaya produksi. Selain itu, teknik pelapisan tersebut memungkinkan untuk membuat model divais dengan ukuran besar.

Pada Gambar 1(a) dan 1(b) diperlihatkan pola spektrum absorpsi dan spektrum emisi dari model divais lapis tunggal untuk polimer hibrid yang didoping kromofor emisi biru (PHC1), kromofor emisi hijau (PHC6), dan kromofor emisi merah (PHNR). Karakteristik model divais lapis tunggal ini diperlihatkan dalam Tabel I. Masing-masing model devais tunggal tersebut memiliki λ_{maks} absorpsi dan emisi yang bersesuaian dengan λ_{maks} warna kromofor. Dibandingkan dengan Coumarine 6 dan Nile Red, Coumarine 1 memiliki tinggi puncak spektrum yang relative rendah.

Seperti sudah dijelaskan sebelumnya, ada 3 macam konfigurasi model divais fotoluminesen RGB multilapis yang dibuat, masing-masing terdiri dari 3 lapisan berbeda di atas substrat *fused silica*, yaitu model PH(C1/C6/NR) dengan urutan lapisan PHC1/PHC6/PHNR, model PH(C6/NR/C1) dengan urutan lapisan PHC6/PHNR/PHC1, dan model



Gambar 2: Perbandingan spektrum emisi model divais fotoluminesen RGB multilapis untuk konfigurasi PH(C1/C6/NR) (simbol O), konfigurasi PH(C6/NR/C1) (Δ), dan konfigurasi PH(NR/C1/C6) (\square).



Gambar 3: Perbandingan spektrum absorpsi model divais fotoluminesen RGB multilapis untuk konfigurasi PH(C1/C6/NR) (simbol O), konfigurasi PH(C6/NR/C1) (Δ), dan konfigurasi PH(NR/C1/C6) (\square).

PH(NR/C1/C6) dengan urutan lapisan PHNR/PHC1/PHC6. Pada Gambar 2 diperlihatkan pola spektrum emisi dari ketiga model divais multilapis di atas. Ketiga model divais tersebut memiliki pola spektrum emisi kontinu pada rentang panjang gelombang 400 nm sampai 800 nm, dengan tiga puncak emisi pada panjang gelombang $\lambda_{1E} = 430$ nm, $\lambda_{2E} = 504$ nm, dan $\lambda_{3E} = 624$ nm. Pola spektrum yang kontinu hanya dalam rentang daerah visibel akan menjadikannya ramah pada kesehatan mata manusia. Pola tinggi komponen puncak emisi ketiga model divais mengalami perbedaan. Karakteristik perbandingan tinggi urutan komponen puncak emisi didapat melalui kuantisasi puncak spektrum masing-masing komponen warna diperlihatkan dalam Tabel II.

Pada model PH(C1/C6/NR), pola puncak menguat ke puncak ketiga menandakan terjadi proses absorpsi kuat oleh lapisan kedua dan ketiga sehingga emisi lapisan ketiga paling besar. Visual warna cahaya emisi divais adalah kemerahan sesuai dengan warna lapisan terakhir yaitu Nile Red. Pada model PH(C6/NR/C1), pola puncak hampir simetris karena

TABEL II: Perbandingan tinggi puncak emisi masing-masing komponen RGB pada ketiga konfigurasi model divais fotoluminesen RGB multilayer.

Konfigurasi Divais	Rasio Puncak Emisi C1:C6:NR
PH(C1/C6/NR)	30:70:100
PH(C6/NR/C1)	40:100:70
PH(NR/C1/C6)	25:100:50

TABEL III: Perbandingan tinggi puncak absorpsi masing-masing komponen RGB pada ketiga konfigurasi model divais fotoluminesen RGB multilayer.

Konfigurasi Divais	Rasio Puncak Emisi C1:C6:NR
PH(C1/C6/NR)	50:100:85
PH(C6/NR/C1)	85:100:50
PH(NR/C1/C6)	35:100:35

posisi lapisan pertama memiliki sifat absorpsi dan emisi kuat. Visual warna cahaya emisi divais adalah merah muda menuju putih. Selanjutnya, pada model PH(NR/C1/C6), pola puncak hampir simetris dengan puncak pertama lebih teredam karena diserap oleh lapisan ketiga yang memiliki sifat absorpsi dan emisi kuat. Visual warna cahaya emisi divais adalah putih ke-abuan.

Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan divais model PH(C6/NR/C1) yang terdiri dari urutan lapisan film PHC6, film PHNR, dan film PHC1 tidak dapat menghasilkan emisi putih. Perbandingan kromofor yang tepat memungkinkan diperoleh divais fotoluminesen dengan emisi mendekati cahaya putih.

Pada Gambar 3 diperlihatkan pola spektrum absorpsi dari ketiga model divais multilapis di atas. Ketiga model divais tersebut memiliki pola spektrum absorpsi kontinu pada rentang panjang gelombang 330 nm sampai 750 nm, dan

gan tiga puncak absorpsi pada panjang gelombang $\lambda_{1A} = 375$ nm, $\lambda_{1A} = 450$ nm, dan $\lambda_{1A} = 550$ nm. Bila dikaitkan dengan pola letak puncak spektrum emisi biru yang berdekatan dengan puncak absorpsi hijau dan yang berikutnya maka kemungkinan besar telah terjadi mekanisme proses absorpsi-emisi diantara ketiga bahan kromofor. Karakteristik perbandingan tinggi urutan komponen puncak emisi yang didapat melalui kuantisasi puncak spektrum absorpsi masing-masing warna diperlihatkan dalam Tabel III.

Hasil uraian di atas menunjukkan model divais multi lapis dengan konfigurasi PH(C6/NR/C1) yang dibuat dari lapisan film PHC6, film PHNR, dan film PHC1 punya potensi untuk menghasilkan emisi menuju emisi cahaya putih, walaupun belum sempurna. Diperlukan optimasi lebih lanjut yang mencakup konsentrasi kromofor atau ketebalan lapisan untuk menghasilkan emisi putih sempurna.

IV. SIMPULAN

Dalam eksperimen yang dilakukan telah dihasilkan model divais fotoluminesen RGB multilapis dengan tiga macam konfigurasi urutan susunan lapisan RGB, yaitu: model PH(C1/C6/NR), model PH(C6/NR/C1) dan model PH(NR/C1/C6). Dengan menggunakan karakteristik spektrum emisi dan warna emisi, telah didapat model divais multilapis konfigurasi model PH(C6/NR/C1) memiliki spektrum emisi kontinu dalam rentang 400-700 nm yang mendekati emisi cahaya putih

Ucapan Terima Kasih

Penelitian yang dibiayai Proyek Hibah Penelitian DIPA Universitas Padjadjaran, Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional

- [1] B.W. D'Andrade, S.R. Forrest, *Adv. Matter.* 16(18), 1585-1595 (2004).
 [2] D.A. Steigerwald, *et al.*, *IEEE J. on Selected Topics in Quantum Electronics*, 8(2), 310-320 (2002).
 [3] H. Kudo, *et al.*, *Phys. Stat. Sol.(a)*, 200(1), 95-98 (2003).
 [4] S. Guha, *et al.*, *J. Appl. Phys.*, 82(8), 4126-4128 (1997).

- [5] F. Hide, *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, 70(20), 2664-2666 (1997).
 [6] I. H. Raja, *et al.*, *Monatsh Chem*, 139, 725-737 (2008).
 [7] A. J. Steckl, J.M. Heikenfeld, S.C. Allen, *IEEE/OSA J. of Display Technology*, 1(1), 157-166 (2005).