

PENGARUH JENIS DAN KONSENTRASI PELARUT TERHADAP KINERJA DEVAIS *ORGANIC LIGHT EMITTING DIODE*

S. Hidayat, O. Nurhilal, D. B. Rahayu, I. Rosmayati, dan M. Purnawan
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Padjadjaran
Jl. Raya Bandung Sumedang Km 21 Jatinangor 45363, Sumedang

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas kinerja LED dari bahan organik dengan melakukan optimasi parameter fabrikasinya. Fabrikasi film tipis MEH-PPV (*poly[2-methoxy-5-(2 ethylhexyloxy)-1,4-phenylenevinylene]*) dilakukan dengan teknik *spin coating* dan menggunakan dua jenis pelarut yaitu toluen dan THF (*tetrahydro furran*). Untuk mengetahui kualitas film dan frekuensi emisinya, dilakukan pengukuran spektroskopi UV-Vis. Pengujian kualitas kinerja LED dilakukan dengan pengukuran kurva karakteristik I-V. Berdasarkan hasil pengukuran spektroskopi UV-Vis, panjang gelombang emisi rata-rata berada pada kisaran 600 nm yang bertepatan dengan emisi warna jingga. Selain itu film tipis MEH-PPV yang difabrikasi menggunakan pelarut THF mengalami pergeseran merah (*bathochromic shift*). Sedangkan film tipis yang difabrikasi dengan pelarut toluen mengalami pergeseran biru (*hypsochromic shift*). Hasil pengujian kinerja devais LED dengan konfigurasi ITO/MEH-PPV/Al, memperlihatkan kinerja yang cukup baik. Kualitas kinerja terbaik LED diperoleh pada devais yang menggunakan film MEH-PPV yang difabrikasi dengan pelarut THF pada konsentrasi (w/w) 0,5%. Tegangan operasional rata-ratanya adalah 2,6 Volt dengan warna emisi jingga.

Kata kunci : MEH-PPV, *light emitting diode*, *spin coating*, *film tipis*

EFFECT OF SOLVENTS ON THE PERFORMANCE OF ORGANIC LIGHT EMITTING DIODE

ABSTRACT

Organic light emitting diode (O-LED) is source of light that made from organic material. There are many application of LED such as source of light in fiber optic communication, display, indicator, etc. The research is focused to optimize the fabrication parameter of LED. Fabrication of thin film of MEH-PPV (*poly[2-methoxy-5-(2 ethylhexyloxy)-1,4-phenylenevinylene]*) using *spin coating* technique and two different types of solvents, i.e. toluene and THF was performed. Characterization of thin film used UV-Vis spectrophotometer. The result showed that the average of wavelength was 600 nm that correlated with emission of orange light. Besides the UV-Vis spectrum of MEH-PPV film cast from THF was red-shifted (*bathochromic shift*) and cast from toluene was blue-shifted (*hypsochromic*

shift). All LEDs consisted of ITO/MEH-PPV/Al showed good performance. The best performance of LED device was obtained when the MEH-PPV cast from THF solution with concentration (w/w) 0.5%. The device emit an orange light with input voltage of 2.6 Volt.

Keywords : MEH-PPV, light emitting diode, spin coating, thin film

PENDAHULUAN

Aplikasi bahan organik sebagai sumber cahaya terkontrol (*light emitting diode*, LED) sangat penting, baik untuk aplikasi display maupun untuk sumber cahaya dalam komunikasi serat optik. Pada saat ini, bahan aktif LED umumnya terbuat dari semikonduktor anorganik seperti GaAs dan InGaAsP yang fabrikasinya memerlukan teknologi yang relatif canggih, sehingga harganya menjadi sangat mahal (Bernius *et al.*, 2000). Sebaliknya jika dibandingkan dengan bahan anorganik, divais LED yang terbuat dari bahan organik menawarkan beberapa kelebihan antara lain lebih murah, dapat berukuran besar, ringan, mempunyai permukaan datar dan hemat energi (Scott *et al.*, 1996). Di samping itu, LED dari bahan organik dapat dibuat di atas substrat fleksibel, sehingga dapat menghasilkan display fleksibel (Friend *et al.*, 1999).

Bahan polimer MEH-PPV (*poly [2-methoxy-5-(2-ethylhexyloxy)-1,4-phenylenevinylene]*) merupakan salah satu bahan organik yang memperlihatkan efek elektroluminesensi, sehingga dapat digunakan sebagai bahan aktif dalam divais O-LED (*Organic light emitting diode*). Bahan MEH-PPV memiliki energi gap elektronik sekitar 2,1 eV dan berwarna jingga transparan. Kehadiran gugus tambahan (*side-chain dialkoxy*) pada bahan MEH-PPV, menjadikan bahan tersebut mudah larut dalam pelarut organik, sehingga mudah diproses dan digunakan secara komersial (Xiao *et al.*, 2005).

Permasalahan dalam pengembangan divais O-LED adalah rendahnya fungsi kerja dibandingkan dengan LED konvensional. Hal tersebut disebabkan oleh belum ditemukannya optimasi yang tepat, baik dalam parameter fabrikasi film tipis ataupun dari bentuk struktur LED-nya. Berdasarkan permasalahan tersebut penelitian yang dilakukan difokuskan pada peningkatan kualitas kinerja LED dengan optimasi parameter fabrikasinya. Optimasi parameter fabrikasi yang dilakukan meliputi pemilihan jenis pelarut yang tepat dan mencari nilai konsentrasi yang optimal yaitu yang menghasilkan kinerja LED terbaik.

BAHAN DAN METODE

Cakupan penelitian yang dilakukan meliputi fabrikasi film tipis, karakterisasi, dan pembuatan model devais aplikasi pada LED serta pengujian kinerjanya.

Substrat dibersihkan dari semua kotoran dan lemak dengan menggunakan *teepol* kemudian berturut-turut dibilas dengan akuades dan aseton teknis. Lalu dengan menggunakan pinset, substrat-substrat tersebut disusun dalam *staining jar*

kemudian diisi aseton p.a. dan dimasukkan ke dalam *ultrasonic bath* yang telah berisi air, selama 30 menit. Selanjutnya aseton dikeluarkan dari *staining jar* dan substrat tersebut dikeringkan dalam oven dengan suhu 50 °C selama 5 menit.

Polimer MEH-PPV yang digunakan dalam eksperimen ini mempunyai berat molekul rata-rata (*Molecular weight, Mw*) berkisar 20.000 sampai 40.000. Polimer MEH-PPV dilarutkan dalam dua jenis pelarut yaitu toluen dan THF (tetrahidrofuran). Konsentrasi larutan yang dibuat divariasikan masing-masing tiga jenis konsentrasi, yaitu perbandingan berat (w/w) 0,1%, 0,25% dan 0,5%. Proses pelarutan dilakukan dengan cara diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 24 jam sehingga diperoleh larutan yang homogen.

Proses fabrikasi film tipis MEH-PPV dilakukan dengan menggunakan teknik *spincoating*. *Spincoater* diputar dengan kecepatan rotasi sekitar 1600 rpm selama kurang lebih satu menit hingga terbentuk lapisan tipis yang merata. Film MEH-PPV dibuat di atas dua jenis substrat yaitu ITO dan *fused silica*.

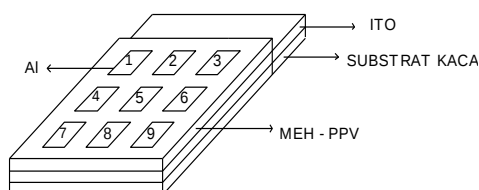
Selanjutnya dilakukan proses *annealing* yaitu pemanasan sampel pada suhu dan jangka waktu tertentu. Proses tersebut bertujuan untuk membuang sisa-sisa pelarut yang masih terperangkap dalam film. Proses *annealing* dilakukan pada suhu 50 °C selama 2 jam. Setelah proses *annealing*, film MEH-PPV ditempatkan dalam wadah gelap dan disimpan dalam desikator vakum agar terhindar dari bahaya dan tidak terkontaminasi oleh udara.

Karakterisasi optik yang dilakukan adalah pengukuran spektroskopi absorpsi UV-Vis. Pengukuran dilakukan terhadap masing-masing sampel yaitu film MEH-PPV yang dibuat dengan pelarut toluen dan THF dengan variasi konsentrasi (w/w) 0,1%, 0,25%, dan 0,5%. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometer *Hewlett Packard 8452 A Diode Array* di jurusan kimia ITB.

Devais O-LED dibuat dengan konfigurasi ITO/MEH-PPV/Al. ITO sebagai elektroda positif (katoda), aluminium sebagai elektroda negatif (anoda) dan MEH-PPV sebagai bahan aktifnya. Pembuatan divais ini terbagi menjadi dua tahapan yaitu pembuatan film tipis dan metalisasi.

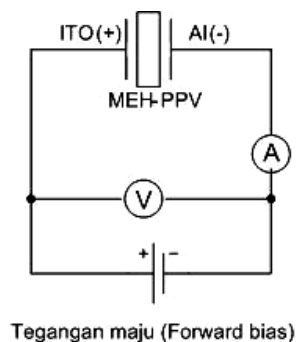
Tahap pembuatan film tipis sama dengan tahapan yang telah dijelaskan sebelumnya, yaitu film tipis dibuat dari dua jenis pelarut yaitu toluen dan THF. Untuk masing-masing pelarut dibuat tiga variasi konsentrasi (w/w) yaitu 0,1%, 0,25%, dan 0,5%. Selanjutnya film tipis dibuat dengan teknik *spincoating* dan proses *annealing* film dilakukan di dalam oven dengan suhu 50 °C selama 2 jam.

Tahapan selanjutnya adalah metalisasi. Metalisasi dilakukan dengan menggunakan metode deposisi penguapan fisis (*Physical Vapor Deposition, PVD*). Dalam proses metalisasi, pertama menyiapkan *mask* dari bahan aluminium foil untuk membuat pola elektroda pada lapisan polimer. *Mask* tersebut menutupi permukaan seluas 25 mm x 25 mm sehingga membentuk lubang persegi sebanyak 9 buah untuk ukuran divais 3 mm x 3 mm. Setelah film tipis MEH-PPV ditutup dengan *mask*, selanjutnya dilakukan proses metalisasi menggunakan logam aluminium. Logam aluminium yang digunakan adalah *Ultra High Purity 99,999%* produksi *Aldrich*.



Gambar 1. Model divais O-LED ITO/MEH-PPV/Al

Pengujian kinerja LED dilakukan dengan pengukuran karakteristik arus-tegangan. Pengambilan data tersebut dilakukan dengan mengukur nilai arus (I) yang mengalir di dalam bahan LED sebagai fungsi dari tegangan (V) yang diberikan. Selanjutnya mencatat nilai tegangan pada saat LED mulai nyala. Selain itu dilakukan juga pengukuran life time untuk mengetahui stabilitas dari setiap devais LED.



Gambar 2. Rangkaian untuk pengukuran karakteristik I-V

HASIL DAN PEMBAHASAN

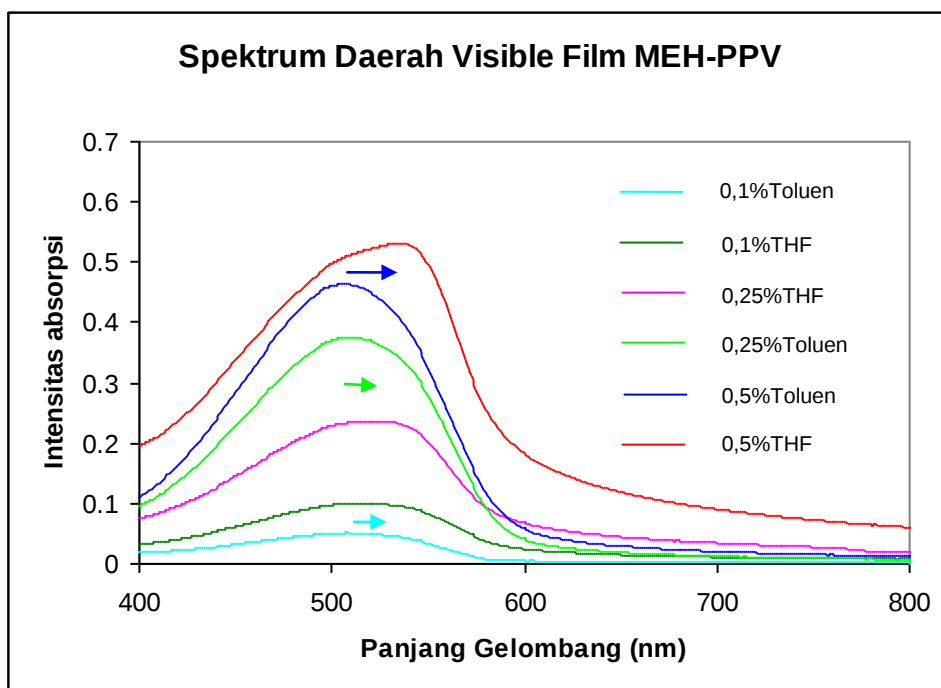
Berdasarkan hasil pengukuran spektrometer UV-Vis tampak bahwa film MEH-PPV yang difabrikasi dengan pelarut THF mengalami pegeseran merah (*bathochromic shift*), sedangkan yang difabrikasi dengan pelarut toluen mengalami pegeseran biru (seperti tampak pada Gambar 3). Pergeseran tersebut terjadi pada semua jenis konsentrasi yang telah diuji. Hal tersebut menunjukkan telah terjadi perpanjangan konjugasi (delokalisasi elektron π) pada rantai polimer akibat pelarut. Perpanjangan konjugasi menyebabkan energi transisi menjadi lebih kecil sehingga panjang gelombang absorpsi bergeser ke nilai yang lebih besar (Nguyen et al., 2001).

Selain itu dari grafik tersebut tampak juga bahwa fabrikasi pada konsentrasi (w/w) 0,5% menunjukkan pegeseran yang relatif lebih besar dibanding pada konsentrasi lainnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa film MEH-PPV yang

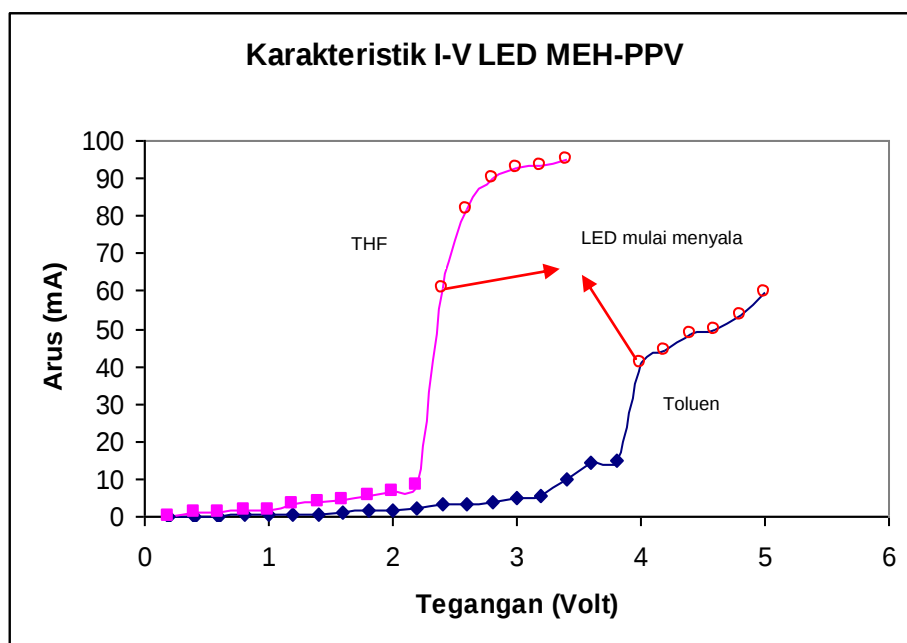
difabrikasi dengan pelarut THF pada konsentrasi (w/w) 0,5% akan memiliki energi transisi yang lebih kecil dibandingkan pada konsentrasi lainnya (Shim *et al.*, 2002).

Hasil pengukuran UV-Vis tersebut berkorelasi dengan hasil pengujian devais LED MEH-PPV. Berdasarkan spektrum UV-Vis pada Gambar 3, dapat dihitung panjang gelombang emisi film MEH-PPV. Hasil perhitungan didapatkan panjang gelombang emisi rata-rata berada pada kisaran 600 nm yang bertepatan dengan emisi warna jingga. Hasil perhitungan tersebut bersesuaian dengan pengamatan menggunakan kamera digital seperti ditunjukkan pada Gambar 5.

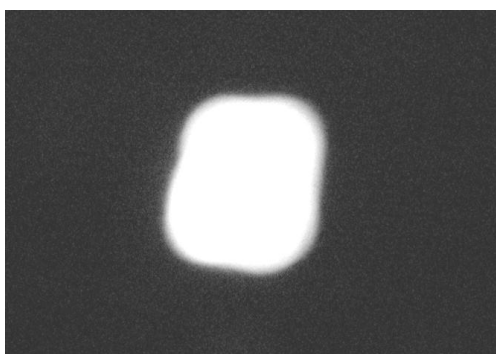
LED dari bahan MEH-PPV yang difabrikasi menggunakan pelarut THF mempunyai tegangan operasional lebih kecil dibandingkan dengan LED yang difabrikasi menggunakan pelarut toluen. Contoh perbandingan kurva karakteristik I-V LED yang difabrikasi dengan pelarut THF dan toluen tampak pada Gambar 4. Data pengujian secara lengkap disajikan pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3.



Gambar 3. Spektrum UV-Vis film MEH-PPV



Gambar 4. Karakteristik I-V LED MEH-PPV yang difabrikasi dengan pelarut toluen dan THF 0,25%



Gambar 5. Warna emisi LED MEH-PPV

Tabel 1. Hasil Pengujian LED untuk sampel MEH-PPV yang difabrikasi menggunakan pelarut toluen dan THF (w/w) 0,1%

Nomor Sel	Pelarut Toluene		Pelarut THF	
	Status	V _{nyala} (Volt)	Status	V _{nyala} (Volt)
1	tidak nyala	-	nyala	3,8
2	tidak nyala	-	nyala	3,6
3	tidak nyala	-	nyala	4
4	tidak nyala	-	nyala	4
5	nyala	6,2	nyala	4
6	tidak nyala	-	nyala	4,4
7	tidak nyala	-	nyala	4
8	tidak nyala	-	nyala	4,2

Tabel 2. Hasil Pengujian LED untuk sampel MEH-PPV yang difabrikasi menggunakan pelarut toluen dan THF (w/w) 0,25%

Nomor Sel	Pelarut Toluene		Pelarut THF	
	Status	V _{nyala} (Volt)	Status	V _{nyala} (Volt)
1	nyala	3	nyala	2,4
2	nyala	3,8	nyala	4
3	nyala	4	nyala	4,2
4	nyala	3,4	nyala	5,4
5	nyala	3,8	nyala	3
6	nyala	4,2	nyala	3,8
7	nyala	5,2	nyala	5
8	nyala	6,2	nyala	4,8

Tabel 3. Hasil Pengujian LED untuk sampel MEH-PPV yang difabrikasi menggunakan pelarut toluen dan THF (w/w) 0,5%

Nomor Sel	Pelarut Toluene		Pelarut THF	
	Status	V _{nyala} (Volt)	Status	V _{nyala} (Volt)
1	nyala	3	nyala	2,4
2	nyala	3,4	nyala	2,6
3	nyala	3,2	nyala	2,8
4	nyala	3,6	nyala	2,2
5	nyala	4	nyala	2,8
6	nyala	4	nyala	2,4
7	nyala	3,8	nyala	2,6
8	nyala	3,2	nyala	2,8

Berdasarkan data pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3 tampak bahwa LED yang dibuat dari MEH-PPV dengan konsentrasi 1% hasilnya kurang baik. Untuk konsentrasi 1% dalam pelarut toluen, LED yang menyala hanya 1 sel dari 8 sel yang ada. Hal tersebut menunjukkan bahwa kualitas film MEH-PPV yang difabrikasi dengan pelarut toluen 1% tidak baik. Ada kemungkinan jumlah polimer dalam larutan 1% terlalu sedikit, sehingga tidak bisa melapisi substrat secara merata. Beda halnya dengan larutan MEH-PPV 0,25% dan 0,5% dalam pelarut toluen, kinerja LED tampak bagus pada hampir semua sel. Hal tersebut menunjukkan bahwa kualitas film yang dibuat pada nilai konsentrasi 0,25% dan 0,5% dalam pelarut toluen lebih homogen.

Kualitas kinerja LED yang lebih baik diperoleh pada devais LED yang difabrikasi dengan pelarut THF. Semua sel yang diuji dapat menyala dengan tegangan operasional rata-rata yang lebih kecil dibandingkan dengan LED yang difabrikasi dengan pelarut toluen. Hal tersebut menunjukkan bahwa kualitas film yang difabrikasi dengan pelarut THF lebih homogen dibandingkan dengan kualitas film yang difabrikasi dengan pelarut toluen

Tegangan operasional LED yang terbaik diperoleh pada fabrikasi dengan pelarut THF dengan konsentrasi 0,5% yaitu tegangan operasional rata-ratanya 2,6 Volt. Hasil penelitian ini juga sekaligus memperbaiki hasil penelitian sebelumnya (Farah Barkati, 2003). Pada penelitian tersebut dilaporkan bahwa tegangan operasional LED dari bahan MEH-PPV sekitar 9 Volt.

Tabel 4. Hasil pengukuran *life time* LED MEH-PPV

Konsentrasi	Toluen	THF
1%	-	51 menit
0,25%	62 menit	63 menit
5%	85 menit	88 menit

Life time LED sangat berkorelasi dengan kualitas film MEH-PPV dan pengemasan LED. Pada penelitian ini pengemasan LED belum baik, sampel LED mengalami kontak langsung dengan udara bebas. Idealnya bahan aktif LED dikemas secara tertutup sehingga terhindar dari kontak langsung dengan lingkungan luar. Kontak langsung dengan udara luar dapat mengakibatkan material LED lebih mudah mengalami degradasi, sehingga waktu hidup menjadi lebih singkat. Jadi data waktu hidup yang diperoleh dalam penelitian ini tidak menunjukkan ketahanan nyala LED yang sebenarnya. Data penelitian waktu hidup tersebut hanya berlaku secara kualitatif saja.

Berdasarkan hasil pengukuran waktu hidup, tampak bahwa nilai konsentrasi 0,5% adalah yang terbaik dari kedua variasi konsentrasi lainnya, baik untuk pelarut toluen ataupun THF. Selain itu, secara kualitatif dapat dinyatakan bahwa LED yang dibuat dari MEH-PPV-THF-0,5% memiliki kesetabilan yang lebih baik

dibanding LED dari sampel lainnya. Hal tersebut ditandai dengan kemampuan LED yang dapat menyala secara terus-menerus selama 88 menit.

KESIMPULAN

Secara keseluruhan kualitas LED yang dibuat dari MEH-PPV dengan pelarut THF lebih baik dibandingkan dengan kualitas LED dari MEH-PPV dengan pelarut toluen. Berdasarkan hasil karakterisasi spektroskopi UV-Vis, dapat diketahui bahwa λ_{mak} untuk film MEH-PPV-THF-0,5% adalah paling besar jika dibandingkan dengan kelima sampel lainnya. Hal tersebut mengindikasikan bahwa MEH-PPV- dengan pelarut THF 0,5% lebih mudah mengalami eksitasi jika dibandingkan kelima sampel lainnya. Hasil tersebut berkorelasi dengan karakteristik kinerja LED-nya. LED dari film MEH-PPV dengan pelarut THF-0,5% memiliki tegangan operasional yang relatif kecil sekitar 2,6 Volt dibandingkan dengan kelima sampel lainnya. Selain itu, secara kualitatif dapat dinyatakan bahwa LED yang dibuat dari MEH-PPV dengan pelarut THF-0,5% memiliki kesetabilan yang lebih baik dibanding LED dari sampel lainnya. Hal tersebut ditandai dengan kemampuan LED yang dapat menyala secara terus-menerus selama 88 menit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada TPSDP UNPAD yang telah memberikan dana melalui proyek *Research Grant*.

DAFTAR PUSTAKA

- Bernius, M.T., Inbasekaran, M., Brien, J., and Wu, W. (2000). Progress with Light-Emitting Polymers. *Adv. Mater. No.23*, 1739-1749.
- Friend, R.H., Gymer, R.W., Holmes, A.B., Burroughes, J.H., Marks, R.N., Taliani, C., Bradley, D.D.C., Santos, D.A.D., Bredas, J.L., Logdlund, M., and Salaneck, W.R. (1999). Electroluminescence in conjugated polymers, *Nature, Vol 397*, 121-127.
- Farah Barkati. (2003). Fabrikasi dan karakterisasi model devais O-LED berbasis polimer terkonjugasi MEH-PPV. Skripsi S1 Jurusan Fisika UNPAD. 31-35.
- Nguyen, T.Q., Kwong, R.C., Thompson, M.E., and Schwartz, B.J. (2001). Higher efficiency conjugated polymer-based LEDs by control of polymer film morphology and interchain interactions. *Synth. Met. 119*, 523-524.
- Scott, J.C., Kaufman, J.H., Brock, P.J., DiPietro, R., Salem, J., and Goitia, J. (1996). Degradation and failure of MEH-PPV light emitting diodes. *J. Appl. Phys. 79 (5)*, 2745-2751.

- Shim, H.K. and Jin, J.I. (2002), Light-Emitting characteristics of conjugated polymers. *Adv. in Polym. Sci.* Vol 158, 193-202.
- Xiao, S., Qiu, C., Jin, E., Brunner, P.L., Qiu, S., Zhu, W.W., Nguyen, M., and Shih, I. (2005). Effects of solvent on fabrication of polymeric Light Emitting Devices, *American Dye Source Inc, Baie d'Urfe Que.*