

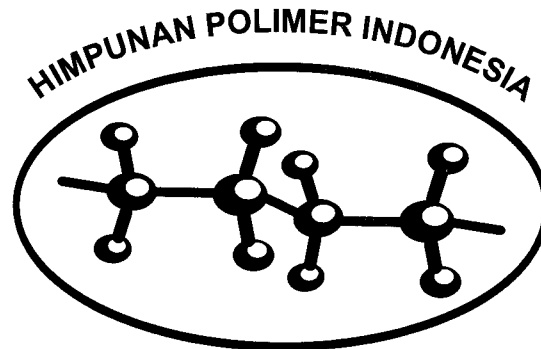
Vol. 10, No. 1, 2007

ISSN : 1410-7864

*Majalah*

**POLIMER INDONESIA**

*Indonesian Polymer Journal*



**ALAMAT REDAKSI**

**Pusat Penelitian Fisika - LIPI**

**Jalan Sangkuriang/Cisitu No. 21/154D Kompleks LIPI Bandung 40135**

**Telepon (022) 2503052, 2504826, 2504833. Fax (022) 2503050**

**E-mail : [www.jurnal.lipi.go.id/situs/mpi](http://www.jurnal.lipi.go.id/situs/mpi)**

**MAJALAH POLIMER INDONESIA**  
*Indonesian Polymer Journal*  
**Vol. 10, No. 1, 2007**

**DEWAN PENASEHAT NASIONAL**  
**NATIONAL ADVISORY BOARD**

Prof. Dr. N. M. Surdia, M.Sc., Dr. Roestamsyah,  
Prof. Dr. Tjia May On, Prof. Dr. Suminar S. Achmadi

**DEWAN PENASEHAT INTERNASIONAL**  
**INTERNATIONAL ADVISORY BOARD**

Prof. Hiroyuki Nishide, *Waseda University, Japan*  
Prof. Dr. Takashi Nishino, *Faculty of Engineering - Kobe University, Japan*  
Prof. John Forsythe, *Monash University, Australia*

**DEWAN PENGARAH**  
**STEERING BOARD**

Dr. Suharto, Dr. M. Sugandi Ratulangi, Dr. Ir. A. Zainal Abidin, Dr. Wiwik S. Subowo,  
Dr. Sunit Hendrana, Dra. Nursyamsu Bahar, M.Sc., Dr. Ilah Sailah, Dr. Rochmadi,  
Ir. Lies A. Wisojodharmo, Dr. Cynthia L. Radiman, Prof. Basuki Wirjosentono, Ph.D

**PENANGGUNG JAWAB**  
**MANAGING EDITOR**

Ketua Umum Himpunan Polimer Indonesia (HPI)

**DEWAN REDAKSI**  
**EDITORIAL BOARD**

**KETUA**  
**CHAIRMAN**

Drs. Sudirman, M.Sc. APU, *BATAN*

**WAKIL KETUA**  
**Co-CHAIRMAN**

Dr. Agus Haryono, *LIPI*

**STAF EDITOR**  
**EDITORIAL STAFF**

Dr. Asep Riswoko, *BPPT*

Dr. Meri Suhartini, *BATAN*

Dr. Eniya Listiani Dewi, *BPPT*

Dr. Sunit Hendrana, *LIPI*

Drs. Jumina, Ph.D, *UGM*

Dr. Jarnuzi Gun Lazuardi, *UI*

Dra. Ismariny, *DEA, BPPT*

Dr. Myrtha Karina, *LIPI*

Dr. Edy Giri Rachman Putra, *BATAN*

Dr. Sumarno, *ITS*

Dr. Sudaryanto, *BATAN*

Dr. Yani Sudiyani, *LIPI*

Drs. Wawas S. M.Sc, *BPPT*

Drs. Aloma Karo Karo, M.Sc *BATAN*

Dr. Yoharmus Syamsu, *DEPTAN*

**REDAKTUR PELAKSANA**  
**EXECUTIVE EDITORIAL**

Dra. Sri Pujiastuti, Dra. Rina Ramayanti, Lesy Rochimi, Yualina Riastuti Partiw

*Penerbit* : Himpunan Polimer Indonesia (HPI)  
*Terbit pertama kali* : Januari 1998. *Frekuensi terbit* : Enam Bulanan  
*Alamat Redaksi/Editorial Address* : Pusat Penelitian Fisika - LIPI  
Jl. Sangkuriang/Cisitu No. 21/154D Kompleks LIPI, Bandung 40135  
*Telepon* : (022) 2503052, 2504826, 2504833, *Fax* : (022) 2503050,  
*E-mail* : [www.jurnal.lipi.go.id/situs/mpi](http://www.jurnal.lipi.go.id/situs/mpi)

## KATA PENGANTAR

Pada penerbitan kali ini, Majalah Polimer Indonesia (*Indonesian Polymer Journal*) Vol. 10, No. 1, 2007, waktu periode Januari sampai dengan Juni menyajikan 7 (tujuh) makalah. Dari makalah-makalah tersebut, bahasan *Sintesis dan Reaksi Polimer* menampilkan 3 (tiga) makalah sedangkan 4 (empat) makalah tentang *Modifikasi Polimer*.

Makalah dengan bahasan *Sintesis dan Reaksi Polimer* meliputi 3 (tiga) makalah sebagai berikut Studi Pembuatan *Polyol* dari Minyak Kelapa Sawit (*CPO*) dengan Oksidator  $\text{KMnO}_4$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ , Formulasi Sintesis Selulosa Sianobifeniloksiheksanoat dan Karakterisasi Struktur dan Sintesis Pati Garut Asetil dan Aplikasinya dalam Pembuatan *Edible Film*. Untuk 4 (empat) makalah dengan bahasan *Modifikasi Polimer* adalah Pengamatan *Doping* Secara *In Situ* pada Poli(Heksil Tiofen) dengan Menggunakan Spektrometer *UV-Vis*, Adsorpsi Ion Logam Cr(III) Dalam Medium Air Menggunakan Kopolimer Tempel Metil Metakrilat Pada Serat Batang Eceng Gondok (*SBEG-g-PMMA*), Pengaruh Oligoalginat Iradiasi Terhadap Pertumbuhan Tanaman Bayam yang Ditanam Secara Hidroponik, Pembuatan Biokomposit Polistiren Daur Ulang Termodifikasi Secara Reaktif Dengan Bahan Pengisi Serat Alam yang *Degradable*

Komentar, kritik dan saran yang membangun atas penerbitan majalah ini, baik terhadap substansi maupun redaksi, sangat kami hargai.

Editor

*Daftar Isi*

<i>Kata Pengantar</i> .....	i
<i>Daftar Isi</i> .....	ii
<b>Pengamatan <i>Doping</i> Secara <i>In Situ</i> pada Poli(Heksil Tiofen) dengan Menggunakan Spektrometer <i>UV-Vis</i></b> <i>Yusi S. Syamsiar, Vicka P. Lestari, Yayah Yuliah, Rahmat Hidayat dan Fitrilawati</i> .....	1
<b>Studi Pembuatan <i>Polyol</i> dari Minyak Kelapa Sawit (<i>CPO</i>) dengan Oksidator <math>\text{KMnO}_4</math> dan <math>\text{H}_2\text{O}</math></b> <i>Sri Aprilia, Yana Syamsuddin dan Amri Amin</i> .....	6
<b>Formulasi Sintesis Selulosa Sianobifeniloksiheksanoat dan Karakterisasi Struktur</b> <i>Asep Riswoko, Zulmanelis dan Ferliani</i> .....	13
<b>Sintesis Pati Garut Asetil dan Aplikasinya dalam Pembuatan <i>Edible Film</i></b> <i>Zulfiana Dewi, Haryadi dan Djagal W. Marseno</i> .....	20
<b>Adsorpsi Ion Logam Cr(III) Dalam Medium Air Menggunakan Kopolimer Tempel Metil Metakrilat Pada Serat Batang Eceng Gondok (<i>SBEG-g-PMMA</i>)</b> <i>Yusmaniar, Adibah dan Umi Amalia</i> .....	29
<b>Pengaruh Oligoalginat Iradiasi Terhadap Pertumbuhan Tanaman Bayam yang Ditanam Secara Hidroponik</b> <i>Tita Puspitasari dan Dian Iramani</i> .....	36
<b>Pembuatan Biokomposit Polistiren Daur Ulang Termodifikasi Secara Reaktif Dengan Bahan Pengisi Serat Alam yang <i>Degradable</i></b> <i>Neng Sri Suharty dan Maulidan Firdaus</i> .....	41

## PENGAMATAN *DOPING* SECARA *IN SITU* PADA POLI(HEKSIL TIOFEN) DENGAN MENGGUNAKAN SPEKTROMETER *UV-Vis*

Yusi S. Syamsiar<sup>1</sup>, Vicka P. Lestari<sup>1</sup>, Yayah Yuliah<sup>1</sup>, Rahmat Hidayat<sup>2</sup> dan Fitrilawati<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Fisika, FMIPA - Universitas Padjadjaran

Kampus Jatinangor Km 21, Sumedang 45363

<sup>2</sup>Jurusan Fisika, FMIPA - ITB

Jl. Ganesha No. 10, Bandung 40132

### ABSTRAK

**PENGAMATAN *DOPING* SECARA *IN SITU* PADA POLI(HEKSIL TIOFEN) DENGAN MENGGUNAKAN SPEKTROMETER *UV-Vis*.** Poli(heksil tiofen) merupakan salah satu turunan dari polimer terkonjugasi politiofen yang mempunyai kelarutan yang baik dan banyak diteliti aplikasinya sebagai bahan aktif divais fotodiode dan transistor organik. Dalam aplikasi tersebut diperlukan tingkat konduksi tertentu yang dapat dicapai melalui proses *doping*. Pada penelitian ini dilakukan pengamatan proses *doping* secara insitu dengan menggunakan spektroskopi *UV-Vis*. Film tipis polimer dibuat dengan teknik *solution casting* dari poli(heksil tiofen) yang dilarutkan dalam toluen. Spektrum *UV-Vis* diukur secara insitu yaitu saat *doping* film poli(heksil tiofen) dengan FeCl<sub>3</sub> berlangsung. Untuk mengikuti perubahan spektrum akibat pengaruh dopan, pengukuran dilakukan secara periodik dalam selang waktu tertentu. Hasil pengukuran menunjukkan adanya perubahan bentuk spektrum akibat dari *dopan* yang diberikan, yaitu pergeseran  $\lambda_{maks}$ , perubahan intensitas pada  $\lambda_{maks}$ , timbulnya puncak baru dan pita energi pada panjang gelombang 730 nm.

**Kata kunci :** Polimer terkonjugasi, Poli(heksil tiofen), *Doping*, Spektroskopi *in situ*

### ABSTRACT

**IN SITU OBSERVATION OF DOPING ON POLY(HEKSIL TIOPHENE) UV-Vis SPECTROMETER.** Poly(heksil tiophene) is one of polytiophene conjugated polymer derivate having good solubility and its application is widely studied as active material for photodiode and organic transistor device. In these applications, certain conducting level is required and could be obtained through doping process. In situ observation of doping process by using UV-Vis Spectrometer was studied in this research. Polymer thin film was prepared by using solution casting technique from poly(heksil tiophene) which was dissolved in toluene. The spectrum of UV-Vis was in situ measured when the dopping process of poly(heksil tiophene) film using FeCl<sub>3</sub> was in progress. To follow the alteration of spectrum as the result of dopant effect, measurement was carried out periodically within certain time interval. The result showed the alteration of spectrum form due to added dopant, depicted as  $\lambda_{max}$  shifting, alteration in intensity of  $\lambda_{max}$ , occuration of new peak and energy band in 730 nm wave length.

**Key words :** Conjugated polymer, Poly(heksil tiophene), Dopping, In situ spectroscopy

### PENDAHULUAN

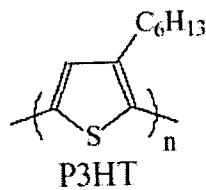
Polimer terkonjugasi adalah polimer yang memiliki alternasi ikatan rangkap tunggal yang dapat bersifat sebagai insulator, semikonduktor, dan konduktor. Keunikan tersebut menyebabkan polimer terkonjugasi menjadi objek penelitian yang secara intensif terus berkembang. Sifat konduksi polimer tersebut berkaitan dengan

keberadaan sistem elektron- $\pi$  yang terdelokalisasi sepanjang rantai polimer [1,2].

Politiofen adalah salah satu jenis polimer konduktif heterosiklik yang memiliki sifat optik dan sifat listrik yang menarik serta memiliki kestabilan lingkungan yang baik [3]. Polimer ini memiliki berbagai potensi aplikasi

seperti sebagai bahan luminisense, transistor organik dan fotodiode [4].

Namun kelarutan politiofen relatif kurang baik sehingga sukar untuk diproses lebih lanjut. Untuk mendapatkan politiofen dengan kelarutan yang baik, telah dilakukan modifikasi dengan menambahkan gugus samping (*side chain*) berupa rantai alkil [1], yang dikenal sebagai poli(alkil tiofen). Poli(heksil tiofen) yang strukturnya diperlihatkan pada Gambar 1 merupakan salah satu bentuk dari poli(alkil tiofen) dengan gugus samping heksil ( $C_6H_{13}$ ) yang mempunyai kelarutan yang baik [2], sehingga polimer ini banyak diteliti.



**Gambar 1.** Struktur molekul poli(heksil tiofen) yang dimodifikasi dengan menggantikan H pada posisi 3 dengan gugus heksil ( $C_6H_{13}$ ).

Untuk kepentingan aplikasi dibutuhkan kemampuan untuk mengontrol dan meningkatkan konduktivitas listriknya. Pada bahan polimer konduktif, pengontrolan besar konduktivitas listrik dimungkinkan melalui *doping*. Berbeda dengan *doping* pada bahan semikonduktor, *doping* pada polimer konduktif tidak mengubah rantai polimer, namun hanya mengubah keadaan oksidasinya [3]. Pemberian *dopan* pada polimer yang menimbulkan perubahan sifat konduksinya yang berkaitan dengan perubahan struktur elektroniknya.

Beberapa laporan penelitian melaporkan pembawa muatan pada bahan polimer konduktif adalah soliton (radikal), polaron (radikal kation), atau bipolaron (dikation) [5]. Kehadiran soliton, polaron, atau bipolaron pada rantai polimer tersebut mengubah struktur elektroniknya. Beberapa penelitian melaporkan bahwa polaron terbentuk pada konsentrasi *doping* yang rendah dengan *spin*  $\frac{1}{2}$  sedangkan pada *doping* konsentrasi dopan yang tinggi terbentuk bipolaron dengan *spin* 0 [4].

Namun fenomena transpor muatan masih menimbulkan perdebatan. Beberapa kelompok mempercayai mekanisme transpor bersesuaian dengan bahan amorf dengan penjelasan

mekanisme konduksinya menggunakan metode *VRH* (*Variable Range Hopping*) [6]. Berkaitan dengan pemahaman konduksi muatan dalam polimer konduktif tersebut, pada makalah ini dipelajari mekanisme konduksi polimer poli(heksil tiofen) melalui pengamatan *in situ* pada saat *doping* dengan menggunakan spektroskopi *UV-Vis* [5].

## METODE PERCOBAAN

Pada percobaan yang dilakukan, pertama disiapkan sampel berupa film tipis poli(heksil tiofen). Film tipis tersebut dibuat dari larutan poli(heksil tiofen) 0,5 % dengan menggunakan teknik *spin coating* atau *solution casting* pada substrat *slide* mikroskop yang telah dibersihkan dari kotoran dan lemak. Larutan polimer dengan konsentrasi 0,5 % berat dibuat dari 0,0435 g poli(heksil tiofen) yang dilarutkan dalam 10 mL toluen. Film tersebut selanjutnya dikenakan proses *annealing* dalam oven dengan suhu 50 °C selama 2 jam.

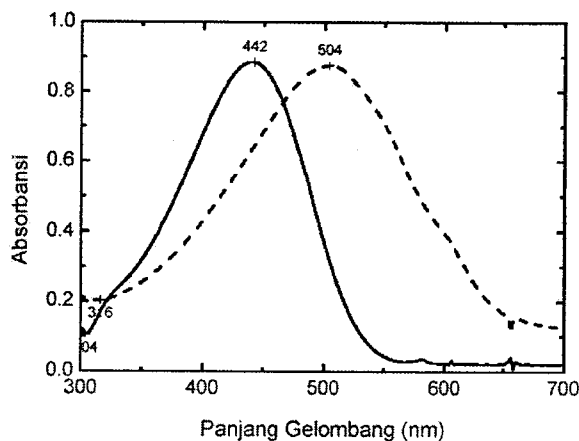
Pada percobaan ini proses *doping* dilakukan dengan teknik larutan. Ada dua macam konsentrasi  $FeCl_3$  yang digunakan yaitu 0,1 M dan 0,5 M. Pelarut yang digunakan dalam pembuatan larutan *dopan* adalah *aquadest*. Proses *doping* dan pengukuran dilakukan secara *in situ* dengan menggunakan spektrometer *UV-Vis* (*Ocean Optic*). Pada pengukuran tersebut, pertama dilakukan koreksi *background* yang terdiri dari sel, substrat dan pelarut. Kemudian dilakukan pengukuran sampel *pristin*, yaitu sampel poli(heksil tiofen) yang tidak mengandung *dopan*. Kemudian sel diisi dengan larutan *dopan* dan sampel dimasukkan ke dalam sel yang mengandung larutan *dopan* (*didoping*) dan pengukuran dilakukan secara *in situ* tiap selang waktu 5 menit.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

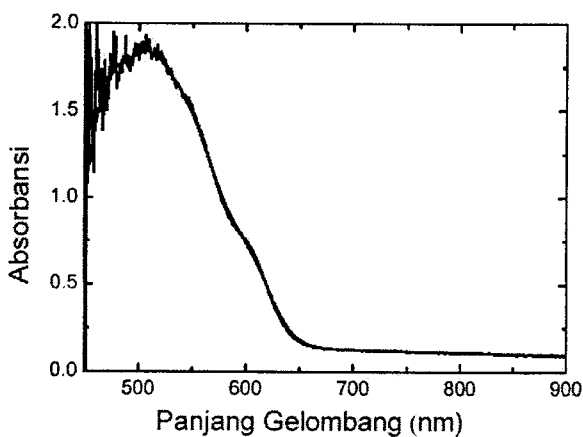
Larutan poli(heksil tiofen) di dalam toluen tampak berwarna *orange* terang, namun setelah dibuat film tipis warnanya berubah menjadi merah kecoklatan. Pada Gambar 2 diperlihatkan perbandingan antara spektrum poli(heksil tiofen) dalam bentuk larutan dan dalam bentuk film tipis. Puncak absorpsi maksimum untuk sampel berbentuk larutan berada pada panjang

gelombang,  $\lambda_{maks} = 442$  nm dan untuk film tipis pada  $\lambda_{maks} = 504$  nm. Pada gambar tersebut tampak adanya pergeseran  $\lambda_{maks}$  yang dikenal sebagai efek betakromik.

Gambar 3 memperlihatkan spektrum poli(heksil tiofen) dalam keadaan pristin, yaitu di dalam sel berisi *aquadest* sebelum didoping dengan  $FeCl_3$ . Spektrum tersebut memiliki puncak absorpsi ( $\lambda_{maks}$ ) pada panjang gelombang sekitar 504 nm dan *shoulder* pada panjang gelombang 600 nm. Spektrum tersebut memiliki karakteristik yang sesuai dengan spektrum film poli(heksil tiofen) yang diukur di udara seperti pada Gambar 2.



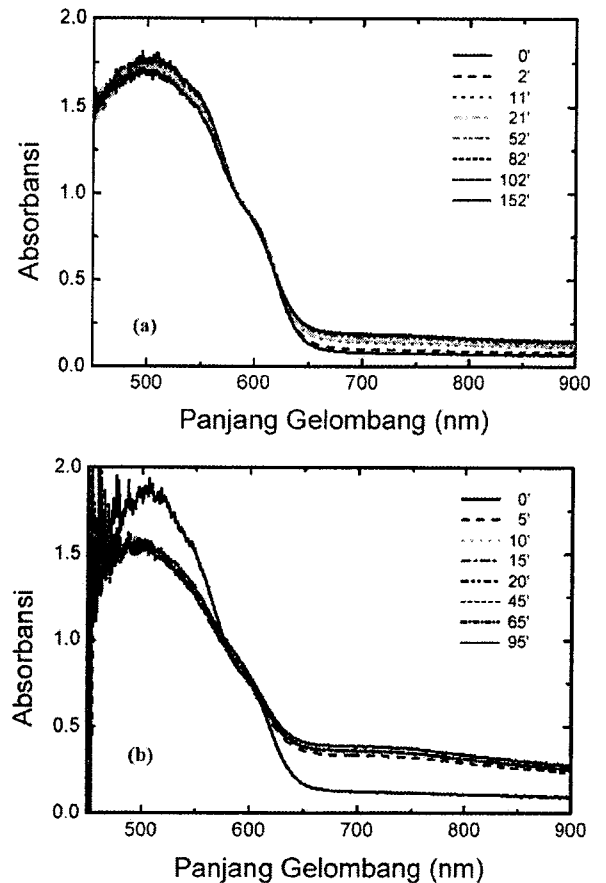
**Gambar 2.** Perbandingan spektrum absorpsi poli(heksil tiofen) dalam bentuk larutan ( $\lambda_{maks} = 442$  nm) dan film tipis ( $\lambda_{maks} = 504$  nm).



**Gambar 3.** Spektrum absorpsi film poli(heksil tiofen) pada substrat kaca mikroskop di dalam sel berisi *aquadest*.

Hasil pengukuran menunjukkan adanya perubahan spektrum poli(heksil tiofen) akibat adanya *dopan* seperti terlihat pada Gambar 4.

Berdasarkan spektrum di atas, dapat dilihat bahwa semakin lama proses *doping* maka panjang gelombang maksimum semakin kecil,



**Gambar 4.** Spektrum absorpsi film poli(heksil tiofen) yang didoping dengan  $FeCl_3$  sebagai fungsi waktu (a) 0,1 M  $FeCl_3$ , (b) 0,5 M  $FeCl_3$ .

sehingga energi *gap* semakin besar. Energi *gap* lebih besar untuk larutan *dopan* dengan konsentrasi yang lebih tinggi. Pada gambar dapat dilihat terjadi pergeseran spektrum ke arah kiri yaitu daerah panjang gelombang sekitar 420 nm. Semakin lama waktu *doping* maka muncul spektrum baru pada daerah panjang gelombang 715 nm. Hasil pengukuran menunjukkan adanya perubahan spektrum poli(heksil tiofen) akibat adanya *dopan* seperti terlihat pada Gambar 4. Dari spektrum absorpsi UV-Vis tersebut dapat ditentukan nilai panjang gelombang *band edge* yang dapat digunakan untuk menghitung besarnya energi *gap*, seperti terlihat pada Tabel 1.

Pada Gambar 4 dapat dilihat terjadi pergeseran spektrum ke arah kiri yaitu daerah panjang gelombang sekitar 420 nm. Dan semakin lama waktu *doping* maka muncul spektrum baru pada daerah panjang gelombang 715 nm. Dari spektrum baru ini, dapat diperkirakan luas spektrumnya dan menganggap luas spektrum

**Tabel 1.** Energi *gap* film tipis poli(heksil tiofen) yang didoping dengan FeCl<sub>3</sub> (0,1 M FeCl<sub>3</sub> dan 0,5 M FeCl<sub>3</sub>)

FeCl <sub>3</sub> 0.1 M			FeCl <sub>3</sub> 0.5 M		
Waktu	$\lambda$ band edge (nm)	Eg (eV)	Waktu	$\lambda$ band edge (nm)	Eg (eV)
0	655	1,89313	0	646	1,919505
2	653	1,898928	5	639	1,940532
11	651	1,904762	10	638	1,943574
21	650	1,907692	15	639	1,940532
52	649	1,910632	20	638	1,943574
82	648	1,91358	45	642	1,931464
102	648	1,91358	65	638	1,943574
152	648	1,91358	90	639	1,940532

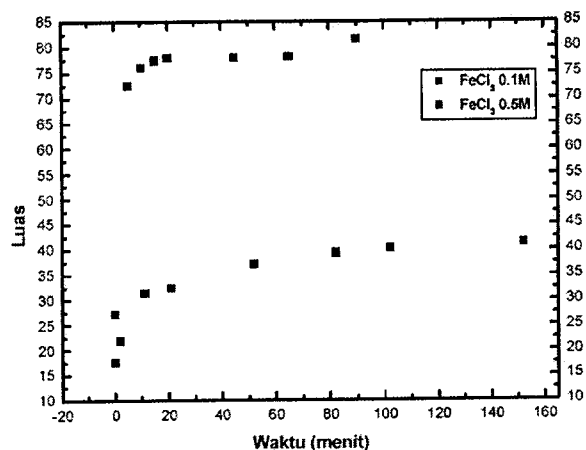
tersebut adalah banyaknya cacat (jumlah cacat). Sehingga kita dapat mengetahui batas maksimum cacat yang dapat diberikan pada film poli(heksil tiofen). Berdasarkan hasil perhitungan, didapat luas sebagai fungsi waktu yang diperlihatkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Luas spektrum baru film tipis poli(heksil tiofen) yang didoping dengan FeCl<sub>3</sub> (0,1 M FeCl<sub>3</sub> dan 0,5 M FeCl<sub>3</sub>)

FeCl <sub>3</sub> 0.1 M		FeCl <sub>3</sub> 0.5 M	
Waktu	Luas	Waktu	Luas
0	17,71105	0	27,31024
2	21,91054	5	72,53572
11	31,40923	10	76,12626
21	32,50439	15	77,43051
52	37,11924	20	77,89665
82	39,33059	45	77,92227
102	40,33317	65	78,17775
152	41,33709	90	81,61365

Data pada Tabel 2 diplot dan didapat grafik perbandingan luas spektrum baru film tipis poli(heksil tiofen) yang didoping dengan larutan *dopan* 0,1 M FeCl<sub>3</sub> dan larutan *dopan* 0,5 M FeCl<sub>3</sub> seperti yang terlihat pada Gambar 5.

FeCl<sub>3</sub> berdasarkan grafik dan tabel perhitungan di atas, dapat dilihat bahwa semakin lama proses *doping* maka panjang gelombang maksimum semakin kecil, sehingga energi *gap* semakin besar. Energi *gap* lebih besar untuk larutan *dopan* dengan konsentrasi yang lebih tinggi. Selain itu semakin lama waktu *doping* maka muncul spektrum baru dimana luas spektrum sebanding



**Gambar 5.** Grafik perbandingan luas spektrum baru film tipis poli(heksil tiofen) yang didoping dengan FeCl<sub>3</sub> (0,1 M FeCl<sub>3</sub> dan 0,5 M FeCl<sub>3</sub>).

dengan lamanya proses *doping* yaitu semakin lama waktu *doping* maka semakin besar luas spektrumnya. Dan untuk larutan *dopan* dengan konsentrasi yang lebih tinggi, luas spektrumnya lebih besar.

## KESIMPULAN

Dari hasil percobaan yang dilakukan tampak bahwa pengaruh *doping* merupakan fungsi waktu. Selain itu, konsentrasi *dopan* mempengaruhi karakteristik spektrum absorpsi poli(heksiltiofen), berikut besar energi *gap*-nya. Semakin tinggi konsentrasi *dopan* maka energi *gap*-nya semakin besar pula. Hal tersebut bersesuaian dengan sifat listrik poli(heksil tiofen) yaitu berperilaku seperti bahan semikonduktor.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian yang dibiayai oleh Research Grant Proyek TPSDP Tahun Anggaran 2006 berdasarkan surat perjanjian No. 055/SPMU-UNPAD/RG/2006. Terimakasih kepada Prof. R.E. Siregar, Prof. M.O. Tjia, dan Dr Herman atas diskusi yang dilakukan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. SHI JIN, SHUXIN CONG, GI XUE, *Adv. Matter*, (2002)
- [2]. KAERIYAMA K., *Handbook of Organic Conductive Molecules and Polymers*, 2, Ed H S NALWA, Chichester Wiley, (1977)



- [3]. KEIBOOMS R, MENON R and LEE K., *Handbook of Advanced Electronic and Photonic Materials and Devices*, **8**, New York Akademik, (2001)
- [4]. JANUSZ KOWALIK, LAREN M. TOLBERT, SUJATHA NARAYAN, A.S ABHIRAMAN, *Macromolecules*, (2001)
- [5]. MCCULLOGH, R. D., Department of Chemistry Carnegie Mellon University, USA.
- [6]. PANDEY, TAKASHIMA, NAGAMATSU, KANETO, *IEICE Trans Electron*, (2000)
- [7]. ERIK JOHANSSON, SVEN LARSSON , *Synthetic Metals* **144**, **183** [8] BUSSAC, M. N. ZUPPIROLI, L, (1994). *Phys. Rev. B.*, **49** (9) (2004) 5876
- [8]. MOTT N F and DAVIS E A, *Elektronic Processes in Noncrystalline Materials*, 2 Eds., Oxford University Press, London, (1979)