



UNIVERSITAS INDONESIA

Preparasi dan Karakterisasi Komposit Terbium Tetraetilena Glikol
Pikrat Untuk Aplikasi Fotosensor

SKRIPSI

ARRAHMANSYAH MUHAMAD
0806367802

FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
UNIVERSITAS INDONESIA
JUNI 2011



UNIVERSITAS INDONESIA

**Preparasi dan Karakterisasi Komposit Terbium Tetraetilena Glikol
Pikrat Untuk Aplikasi Fotosensor**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana

ARRAHMANSYAH MUHAMAD
0806367802

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
UNIVERSITAS INDONESIA
JUNI 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Arrahmansyah Muhamad

NPM : 0806367802

Tanda Tangan : 

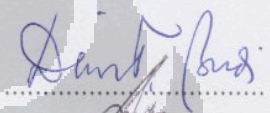
Tanggal : Juni 2011

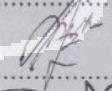
PENGESAHAN

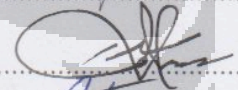
Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Arrahmansyah Muhamad
NPM : 0806367802
Program Studi : Teknik Kimia
Judul Skripsi : Preparasi dan Karakterisasi Komposit Terbiium
Tetraetilena Glikol Pikrat Untuk Aplikasi Fotosensor

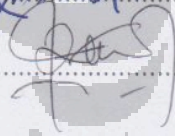
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

Pebimbing I : Ir. Dewi Tristantini, MT., PhD. ()

Pebimbing II : Dr. Eny Kusriani, S.Si ()

Penguji I : Prof. Dr. Ir. Slamet, MT ()

Penguji II : Ir. Setiadi, M.Eng ()

Penguji III : Ir. Rita Arbianti, M.Si ()

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 22 Juni 2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Kimia pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya ucapkan terima kasih kepada :

- 1) Ir. Dewi Tristantini, MT., PhD. sebagai Pembimbing I dan Dr. Eny Kusriani, S.Si sebagai Pembimbing II yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pemikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini,
- 2) Pihak Departemen Teknik Kimia yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan,
- 3) Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral,
- 4) Sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, Juni 2011

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Arrahmansyah Muhamad

NPM : 0806367802

Program Studi : Sarjana

Departemen : Teknik Kimia

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

demikian demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Preparasi dan Karakterisasi Komposit Terbitium Tetraetilena Glikol Pikrat Untuk Aplikasi Fotosensor“

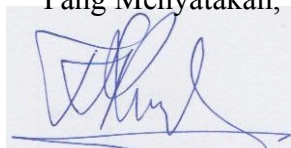
beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 22 Juni 2011

Yang Menyatakan,



Arrahmansyah Muhamad

ABSTRAK

Nama : Arrahmansyah Muhamad
Program Studi : Teknik Kimia
Judul : Preparasi dan Karakterisasi Komposit Terbium
Tetraetilena Glikol Pikrat Untuk Aplikasi Fotosensor

Fabrikasi kompleks Tb[EO4-Pic] ke dalam bentuk mikropartikel dengan metode represipitasi-penguapan telah berhasil dilakukan dalam penelitian ini, dimana EO4 = tetraetilena glikol, Pic = anion pikrat. Untuk perbandingan dikaji juga fabrikasi dengan metode *In situ*. Mikropartikel kompleks Tb[EO4-Pic] yang dihasilkan didispersikan ke dalam matriks polimer polimetilmetaakrilat (PMMA) menjadi komposit Tb[EO4-Pic]/PMMA. Komposit dilapiskan pada substrat dengan teknik *spin-coating*. Pada penelitian ini dikaji juga pengaruh polimer dan substrat terhadap sifat luminesensi dari mikropartikel kompleks Tb[EO4-Pic] dan komposisinya. Ukuran partikel dan fluoresensi dari mikropartikel kompleks Tb[EO4-Pic] dan komposisinya masing-masing diukur dengan *Particle Size Analyzer* dan spektrofлуorometer. Partikel komposit yang dibuat dengan metode represipitasi-penguapan berukuran lebih kecil (191,0 nm) dibandingkan yang diperoleh dengan metode *In situ* (431,8 nm). Puncak hipersensitif pada 548 nm (transisi $^5D_4 \rightarrow ^7F_5$) sebagai karakter ion terbium(III) meningkat dengan kenaikan rasio intensitas transisi $^5D_4 \rightarrow ^7F_5$ terhadap transisi $^5D_4 \rightarrow ^7F_6$ dari 9,31 menjadi 11,87 yang disebabkan oleh adanya polimer dan kenaikan rasio intensitas dari 7,38 menjadi 48,50 yang disebabkan oleh pelapisan komposit pada substrat aluminium permukaan kasar. Mikropartikel kompleks Tb[EO4-Pic] dan komposisinya dapat digunakan sebagai pusat luminesensi untuk aplikasi fotosensor emisi hijau.

Kata Kunci : Fotosensor; Luminesensi; Mikropartikel; Represipitasi-penguapan; Terbium(III)

ABSTRACT

Name : Arrahmansyah Muhamad
Study Program : Chemical Engineering
Title : Preparation and Characterization of Terbium Tetraethylene Glycol Picrate Composite for Photosensor Application

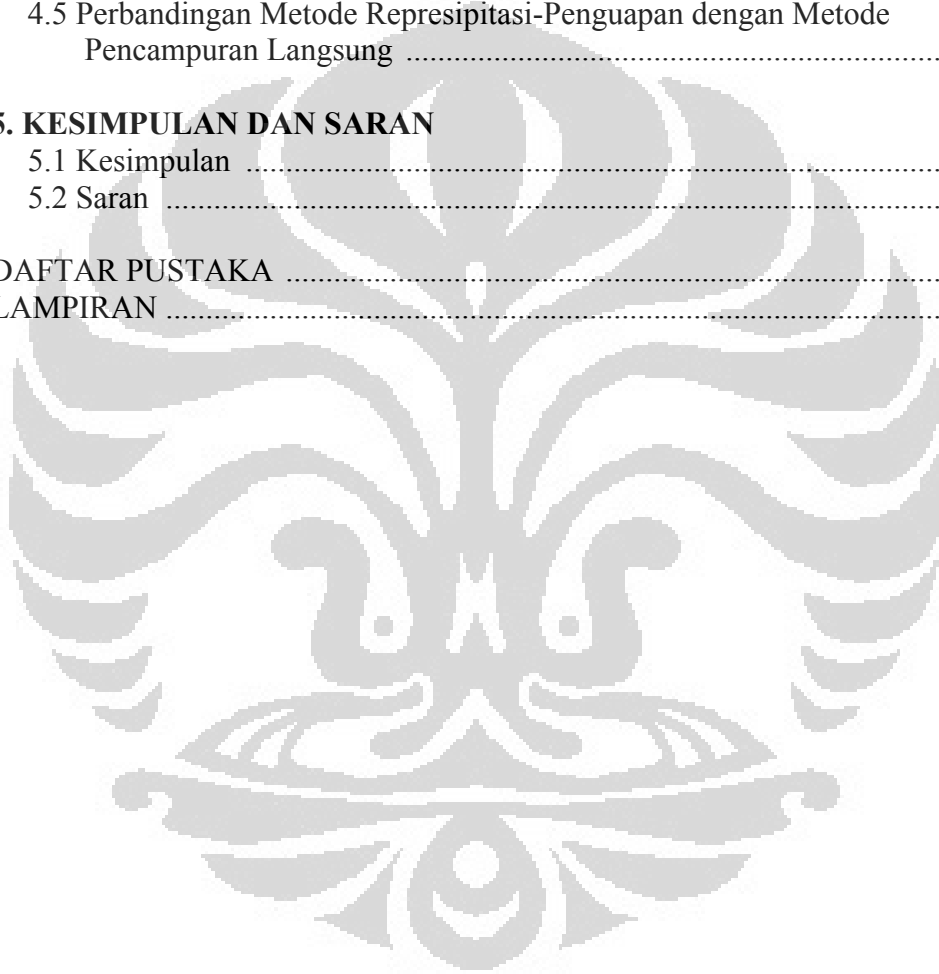
Fabrication complex of Tb[EO4-Pic] into microparticle size with reprecipitation-evaporation method has been studied, where EO4 = tetraethylene glycol, Pic = picrate anion. For comparison purpose, the In situ method was also investigated. The result of the Tb[EO4-Pic] microparticle complex was dispersed into polymethylmethacrylate (PMMA) polymer matrix to be a composite Tb[EO4-Pic]/PMMA. The composite is coated to substrate by using spin-coating technique. In this research is also studied the effect of polymer and substrates to the luminescence property of the Tb[EO4-Pic] microparticle complex and its composite. Particle size and fluorescence of the Tb[EO4-Pic] microparticle complex and its composite were carried out by Particle Size Analyzer and spectrofluorometer, respectively. The particle composite that prepared by reprecipitation-evaporation method is smaller (191.0 nm) than that in the In situ method (431.8 nm). The hypersensitive peak at 548 nm ($^5D_4 \rightarrow ^7F_5$ transition) is character of the terbium(III) ion increased with increasing intensity ratio of the $^5D_4 \rightarrow ^7F_5 / ^5D_4 \rightarrow ^7F_6$ transitions from 9.31 to 11.87 due to the polymer and increasing intensity ratio from 7.38 to 48.50 due to the composite coating on aluminum substrate rough surface. Microparticle complex of Tb[EO4-Pic] and its composite can be applied as luminescent center in photosensor application for green emission.

Keywords : Luminescence; Microparticle; Photosensor; Reprecipitation-evaporation; Terbium(III)

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	01
1.2 Perumusan Masalah	03
1.3 Tujuan Penelitian	03
1.4 Batasan Masalah	04
1.5 Sistematika Penelitian	04
2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Lantanida	05
2.2 Terbium	06
2.3 Kompleks Terbium	07
2.3.1 Tetraetilen glikol	08
2.3.2 Asam Pikrat	09
2.4 Nanopartikel Kompleks	09
2.4.1 Sintesis Nanopartikel Kompleks	10
2.4.2 Karakterisasi Nanopartikel Kompleks	11
2.5 Polimer Polymethyl Metacrylate (PMMA)	12
2.6 Pendarcahaya Kompleks	12
2.7 Komposit Kompleks Lantanida(III)	15
2.8 Fluoresensi	17
3. METODE PENELITIAN	
3.1 Rancangan Penelitian	19
3.2 Bahan dan Alat Penelitian	19
3.3 Tahapan Penelitian	
3.3.1 Metode Represipitasi-Penguapan	21
3.3.2 Metode Insitu atau Pencampuran Langsung	21
3.4 Prosedur Penelitian	
3.4.1 Sintesis Mikropartikel Tb[EO4-Pic]	22
3.4.2 Fabrikasi Mikropartikel Tb[EO4-Pic] ke dalam matriks PMMA	23
3.4.3 Sintesis Mikrokomposit Tb[EO4-Pic] dengan Metode Insitu atau Pencampuran Langsung	23

3.4.4 Preparasi Substrat Media Pelapisan	23
3.4.5 Preparasi Sampel Pengukuran Fluoresensi	24
3.4.6 Preparasi Sampel Pengukuran PSA	24
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Sintesis Mikropartikel Tb[EO4-Pic] dengan Metode Represipitasi-Penguapan	25
4.2 Sifat Optikal Mikropartikel Tb[EO4-Pic]	26
4.3 Pengaruh Fabrikasi Mikropartikel ke dalam Matriks Polimer PMMA.	29
4.4 Pengaruh Susbrat sebagai Media Pelapisan (<i>Coating</i>) terhadap Fluoresensi	32
4.5 Perbandingan Metode Represipitasi-Penguapan dengan Metode Pencampuran Langsung	34
5. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	42



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Spektrum Emisi CaMoO_4Tb	07
Gambar 2.2	Foto radiasi UV (312nm) $[\text{Tb}_2(\text{bdc})_3(\text{H}_2\text{O})_4]_n$	08
Gambar 2.3	Struktur kimia Polietilen-glikol (PEG)	08
Gambar 2.4	Struktur kimia Tetraetilen-glikol atau EO4	09
Gambar 2.5	Struktur kimia Asam Pikrat	09
Gambar 2.6	Karakterisasi TEM Nanopartikel Platinum	11
Gambar 2.7	Polymethyl Methacrylate (PMMA) dan Monomer MMA	12
Gambar 2.8	Diagram Dieke Unsur Golongan Lantanida	14
Gambar 2.9	Hasil TEM pada Nanokomposit $\text{Tb}(\text{Hphth})_3\text{-PVP}$ (b)	16
Gambar 2.10	Nilai Intensitas Nanopartikel Kompleks $\text{Tb}(\text{Hphth})_3$ dan - Nanokomposit $\text{Tb}(\text{Hphth})_3\text{-PVP}$	16
Gambar 2.11	Diagram Jablonski	18
Gambar 2.12	Ilustrasi Puncak Kurva Eksitasi – Emisi dan “Stokes shift”	18
Gambar 3.1	Skema Penelitian	20
Gambar 3.2	Diagram Tahapan Metode Represipitasi-Penguapan	21
Gambar 3.3	Diagram Tahapan Metode Pencampuran Langsung	22
Gambar 4.1	Data Karakterisasi PSA Sintesis Mikropartikel $\text{Tb}[\text{EO4-Pic}]$...	25
Gambar 4.2	Kurva Fluoresensi Mikropartikel $\text{Tb}[\text{EO4-Pic}]$ 0,002M dalam Asetonitril	27
Gambar 4.3	Hasil Karakterisasi Fotopendarcahaya Mikropartikel $\text{Tb}[\text{EO4-Pic}]$	28
Gambar 4.4	Kurva Fluoresensi Mikropartikel $\text{Tb}[\text{EO4-Pic}]$ (a) dan Mikrokomposit $\text{Tb}[\text{EO4-Pic}]$ (b)	29
Gambar 4.5	Data Karakterisasi PSA Mikrokomposit $\text{Tb}[\text{EO4-Pic}]$	31
Gambar 4.6	Kurva Fluoresensi Mikrokomposit $\text{Tb}[\text{EO4-Pic}]$ 0,002M pada Beberapa Jenis Substrat	33
Gambar 4.7	Kurva Fluoresensi Mikrokomposit $\text{Tb}[\text{EO4-Pic}]$ 0,002M pada Beberapa Jenis Substrat dengan Metode Insitu	35
Gambar 4.8	Kurva Perbandingan Fluoresensi Mikrokomposit $\text{Tb}[\text{EO4-Pic}]$ 0,002M pada Substrat Kaca (a) dan Aluminium Kasar (b)	35
Gambar 4.9	Data Karakterisasi PSA Mikrokomposit $\text{Tb}[\text{EO4-Pic}]$ dengan Metode Insitu	36

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Unsur Golongan Lantanida	05
Tabel 2.2 Sifat Fisik Terbium	06
Tabel 2.3 Transisi Pendarcahaya Utama Lantanida(III)	15
Tabel 4.1 Karakter Transisi Level Terbium(III) $^5D_4 \rightarrow ^7F_J$	28



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Diagram Parsial Energi Terbium(III)	43
Lampiran 2	Spesifikasi Alat Spektrofluorometer HITACHI F-2000	44
Lampiran 3	Data Fluoresensi Mikropartikel Tb[EO4-Pic] Sebelum Fabrikasi PMMA	45
Lampiran 4	Data Fluoresensi Mikropartikel Tb[EO4-Pic] Setelah Fabrikasi PMMA	46
Lampiran 5	Data Fluoresensi Mikropartikel Tb[EO4-Pic] Setelah Fabrikasi PMMA Pada Substrat Aluminium Kasar	47
Lampiran 6	Data Fluoresensi Mikropartikel Tb[EO4-Pic] Setelah Fabrikasi PMMA Pada Substrat Aluminium Halus	48
Lampiran 7	Data Fluoresensi Mikropartikel Tb[EO4-Pic] Setelah Fabrikasi PMMA Pada Substrat Kaca Metode Insitu Atau Pencampuran Langsung	49
Lampiran 8	Data Fluoresensi Mikropartikel Tb[EO4-Pic] Setelah Fabrikasi PMMA Pada Substrat Aluminium Kasar Metode Insitu Atau Pencampuran Langsung	50
Lampiran 9	Data Fluoresensi Mikropartikel Tb[EO4-Pic] Setelah Fabrikasi PMMA Pada Substrat Aluminium Halus Metode Insitu Atau Pencampuran Langsung	51
Lampiran 10	Gambar Alat <i>Spin coater</i>	52
Lampiran 11	Sampel Tb[EO4-Pic] Pada Substrat Kaca	53
Lampiran 12	Sampel Tb[EO4-Pic] Pada Substrat Aluminium Kasar	54
Lampiran 13	Sampel Tb[EO4-Pic] Pada Substrat Aluminium Halus	55

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam beberapa tahun telah diusahakan mencari bahan terbaik untuk aplikasi optik dan optoelektronik, terutama untuk fluoresensi. Lantanida adalah salah satu logam yang mempunyai sifat fluoresensi yang baik. Senyawa kompleks lantanida sangat menarik untuk dikaji struktur, sifat kimia dan fotofisikanya karena senyawa kompleks lantanida memiliki fluoresensi yang mendekati sinar monokromatik pada warna biru, hijau, kuning dan merah dengan efisiensi kuantum yang tinggi (Bunzli *et al.*, 2010). Sifat fotofisika yang menarik lainnya dari kompleks lantanida dapat dipelajari jika kita bisa membuat kompleks ke dalam bentuk nanopartikel, mikrokristal, atau kristalin padat dengan ukuran antara beberapa nm untuk beberapa puluh mikron. Penemuan nanosains dan nanoteknologi membuka pandangan baru atas aplikasi nanopartikel atau mikrokristal.

Materi sifat fisik dan sifat kimia dari nanopartikel dan mikrokristal juga menjadi sangat menarik karena ada banyak efek resonansi yang disebabkan pembentukan permukaan Plasmon yang tidak bisa diamati dalam satu molekul *bulk* kristal (Kasai *et al.*, 1992). Ada beberapa laporan tentang metode sintesis untuk menyiapkan nanopartikel atau mikrokristal pada organik dan anorganik, termasuk pengendapan kembali yang didasarkan pada besarnya kelarutan dan rendahnya kelarutan senyawa organik dalam pelarut yang berbeda (El-Sayed, 2001).

Dalam penelitian ini, senyawa kompleks lantanida yang akan diteliti adalah senyawa kompleks dari lantanida berat, yaitu kompleks Terbium(III). Ligan pengkompleks yang akan digunakan adalah senyawa dari polietilen glikol (PEG), yaitu tetraetilen glikol (EO4). Ion Tb(III) akan membentuk kompleks dengan atom – atom oksigen yang ada dari ligan PEG (Kusrini *et al.*, 2009). Namun, Tb(III) dengan PEG akan membentuk ion kompleks bermuatan positif sehingga dibutuhkan anion sebagai penyeimbang muatan untuk membentuk suatu senyawa kompleks. Anion penyeimbang yang digunakan dalam penelitian ini adalah anion pikrat dari senyawa asam pikrat (HPic).

Senyawa kompleks kristal besar (*bulk crystal*) yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah $[\text{Tb}(\text{Pic})_2(\text{H}_2\text{O})(\text{EO}_4)]\text{Pic}\cdot\text{H}_2\text{O}$. Kristal besar (*bulk crystal*) ini telah berhasil disintesis sebelumnya dalam keadaan padat (solid) (Kusrini *et al.*, 2011). Kompleks Tb(III) padat tersebut memiliki karakteristik optikal dan pendarcahaya yang khas. Oleh karena itu, menarik untuk dapat dilakukan penelitian terhadap kompleks Tb(III) padat tersebut dalam keadaan larutan. Kompleks Tb(III) menunjukkan kemurnian warna hijau dengan efisiensi kuantum tinggi (Hou *et al.*, 2009). Aplikasi dari penelitian ini adalah untuk menjadikan kompleks Terbium(III) dalam bentuk mikropartikel ini sebagai ion pusat (*emissive center*) pada bahan material fotosensor. Fotosensor adalah suatu bahan yang dapat memberikan intensitas fotopendarcahaya yang kuat yang memiliki warna khas sesuai dengan ion Ln(III) yang dikandungnya. Aplikasi yang telah ada adalah sebagai bahan untuk aplikasi komersial diode bercahaya, *organic light emitting devices* (OLEDs).

Metode sintesis mikropartikel yang akan digunakan adalah metode repesipitasi dan penguapan, yaitu melarutkan kompleks ke dalam pelarut yang tepat dan kemudian mencampurkan larutan ke dalam *missible* pelarut, diikuti oleh dispersi pada substrat sehingga mikropartikel kompleks akan terbentuk (Oikawa *et al.*, 2000). Mikropartikel yang berhasil disintesis untuk selanjutnya akan difabrikasikan ke dalam suatu polimer. Mikropartikel kompleks dan mikrokomposit akan dikarakterisasi dengan *Particle Size Analyzer* (PSA) dan Spektrofluorometer. Penelitian yang telah dilakukan para peneliti sebelumnya telah dilakukan fabrikasi kompleks lantanida Europium(III) dan Terbium(III) ke dalam bentuk nanopartikel. Pada penelitian ini metode yang dipilih untuk sintesis nanopartikel adalah dengan metode sol-gel. Nanopartikel yang dihasilkan juga telah difabrikasikan ke dalam matriks polimer Poli-Vinil Pirolidon (PVP) untuk mengetahui fluoresensi dari kompleks (Quan Li *et al.*, 2001). Penelitian lain yang telah dilakukan adalah fabrikasi kompleks lantanida Europium (Eu) dengan menggunakan jenis pengompleks polietilen glikol dan anion pikrat. Pada penelitian tersebut lantanida (Eu) hanya difabrikasi untuk mendapatkan *bulk crystal* dari kompleks Eu(III) yang selanjutnya dikarakterisasi (Saleh *et al.*, 2010).

Oleh karena itu, penelitian yang akan dilakukan sekarang adalah melanjutkan penelitian – penelitian tersebut dengan memfabrikasikan *bulk crystal* kompleks ke dalam bentuk mikropartikel dengan metode yang relatif mudah, cepat dan sederhana, yaitu metode represipitasi dan penguapan. Dalam hal ini diharapkan mikropartikel kompleks yang terbentuk memiliki karakter atau sifat yang sama dengan *bulk crystal* dari senyawa kompleksnya. Mikropartikel kompleks akan difabrikasikan ke dalam matriks polimer untuk dapat diketahui sifat fluoresensi dari komposit kompleks Tb(III). Selain itu, dalam penelitian ini juga dilakukan penelitian pengaruh substrat sebagai media pelapisan komposit kompleks Tb(III). Pelapisan komposit dilakukan dengan teknik *spin-coating*. Sintesis komposit dengan metode *in situ* atau pencampuran langsung juga dilakukan dalam penelitian ini. Dari dua metode tersebut akan dibandingkan ukuran partikel dan fluoresensi yang akan dihasilkan dan hal ini belum pernah dilakukan pada penelitian sebelumnya.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat dirumuskan masalah yang akan dipelajari pada penelitian ini, yaitu fabrikasi mikropartikel Tb[EO4-Pic] yang disintesis dengan metode represipitasi dan penguapan. Selanjutnya mikropartikel yang dihasilkan difabrikasi ke dalam polimer yang dilapisikan pada substrat yang berbeda untuk dapat diketahui karakteristik ukuran partikel dan fluoresensi dari komposit. Selain itu, dilakukan juga penelitian dengan metode *in situ* atau pencampuran langsung sebagai metode pembanding. Hasil yang diperoleh dipelajari karakternya dengan instrumen *Particle Size Analysis* (PSA) dan Spektrofluorometer.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- 1) Untuk mendapatkan partikel Tb[EO4-Pic] berukuran mikro dengan metode represipitasi dan penguapan,
- 2) Mempelajari sifat luminesensi dari mikropartikel Tb[EO4-Pic],
- 3) Mempelajari pengaruh fabrikasi mikropartikel Tb[EO4-Pic] ke dalam polimer menjadi komposit Tb[EO4-Pic],

- 4) Mempelajari pengaruh substrat terhadap fluoresensi komposit kompleks Tb[EO4-Pic],
- 5) Membandingkan karakteristik fluoresensi dan ukuran partikel antara metode represipitasi-penguapan dengan metode pencampuran langsung.

1.4 Batasan Masalah

Ruang lingkup permasalahan dalam penelitian ini adalah fabrikasi mikropartikel Tb[EO4-Pic] ke dalam polimer polimetilmetakrilat (PMMA) sebagai komposit. Substrat yang akan digunakan ada 3 jenis, yaitu substrat kaca, substrat aluminium kasar, dan substrat aluminium halus. Karakterisasi yang dilakukan adalah dengan *Particle Size Analyzer* (PSA) untuk mengetahui ukuran partikel dari komposit Tb[EO4-Pic]-PMMA dan Spektrofluorometer untuk mengetahui intensitas fluoresensi dari komposit Tb[EO4-Pic]-PMMA.

1.5 Sistematika Penelitian

Sistematika penulisan terdiri atas :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi pendahuluan yang terdiri atas latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika tulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi informasi tentang golongan Lantanida, unsur Terbium, Kompleks Terbium, Nanopartikel Kompleks, Fotopendarcahaya Kompleks, Polimer PMMA, dan Fluoresensi.

BAB III METODOLOGI

Pada bab ini berisi tentang diagram alir penelitian, peralatan, bahan dan prosedur yang digunakan dalam penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi tentang hasil penelitian dan pembahasan terhadap hasil penelitian sesuai dengan tujuan penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan, serta saran untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lantanida

Lantanida adalah golongan logam yang terdiri atas 15 unsur dimulai dari Lantanum dengan nomor atom 57 sampai dengan Lutetium dengan nomor atom 71 (Beatty, 2008). Semua unsur dari golongan lantanida ini memiliki sifat karakteristik yang hampir sama. Salah satu sifat unsur lantanida kecuali lutetium yang merupakan unsur blok-d, unsur lantanum hingga ytterbium adalah unsur blok-f yang berarti bahwa kulit elektronnya terisi sampai orbital 4f. Secara umum struktur elektron dari unsur golongan lantanida adalah $[Xe]6s^24f^n$. Golongan lantanida ini memiliki tingkat oksidasi utama +3 selain +2 dan +4 (Simon *et al.*, 2006). Secara keseluruhan karakteristik dari unsur golongan lantanida dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Karakteristik Unsur Golongan Lantanida (Cotton, 2006)

Unsur	No Atom	Massa Atom	Titik Lebur (°C)	Konfigurasi Elektron [Xe]...
La	57	138	921	$5d^16s^2$
Ce	58	140	798	$4f^15d^16s^2$
Pr	59	141	935	$4f^36s^2$
Nd	60	144	1024	$4f^46s^2$
Pm	61	145	102.9	$4f^56s^2$
Sm	62	150	1072	$4f^66s^2$
Eu	63	152	829	$4f^76s^2$
Gd	64	157	1312	$4f^75d^16s^2$
Tb	65	159	1356	$4f^96s^2$
Dy	66	163	1467	$4f^{10}6s^2$
Ho	67	165	1461	$4f^{11}6s^2$
Er	68	167	1497	$4f^{12}6s^2$
Tm	69	169	1545	$4f^{13}6s^2$
Yb	70	173	824	$4f^{14}6s^2$
Lu	71	175	1852	$4f^{14}5d^16s^2$

Dalam tabel sistem periodik, jari – jari atom unsur lantanida dari kiri ke kanan semakin kecil seiring naiknya nomor atom dari 57 sampai dengan 71. Dengan semakin kecilnya jari – jari atom unsur golongan lantanida ini dari lantanum hingga lutetium membuat unsur tersebut semakin rapat dan padat sehingga memiliki titik lebur yang semakin tinggi serta memiliki massa jenis yang semakin besar. Dari sifat ini lantanida dikelompokkan menjadi 2 golongan, yaitu lantanida ringan dan lantanida berat. Unsur yang termasuk dalam golongan lantanida ringan adalah mulai dari lantanum hingga neodymium (Pourjavid *et al.*, 2009). Diluar golongan lantanida ringan tersebut adalah golongan lantanida berat yang salah satunya merupakan logam Terbium (Tb).

2.2 Terbium (Tb)

Terbium adalah salah satu unsur kimia dalam golongan lantanida pada tabel periodik yang memiliki lambang Tb dan nomor atom 65. Terbium memiliki warna putih keperakan dan tergolong logam yang langka. Logam ini cukup lunak dan bisa dibelah dengan pisau biasa. Pertama kali ditemukan oleh ahli kimia Swedia, Carl Gustaf Mosander pada tahun 1843 (Bunzli *et al.*, 1989). Karakter dari unsur Terbium ini dapat dilihat pada Tabel 2.2.

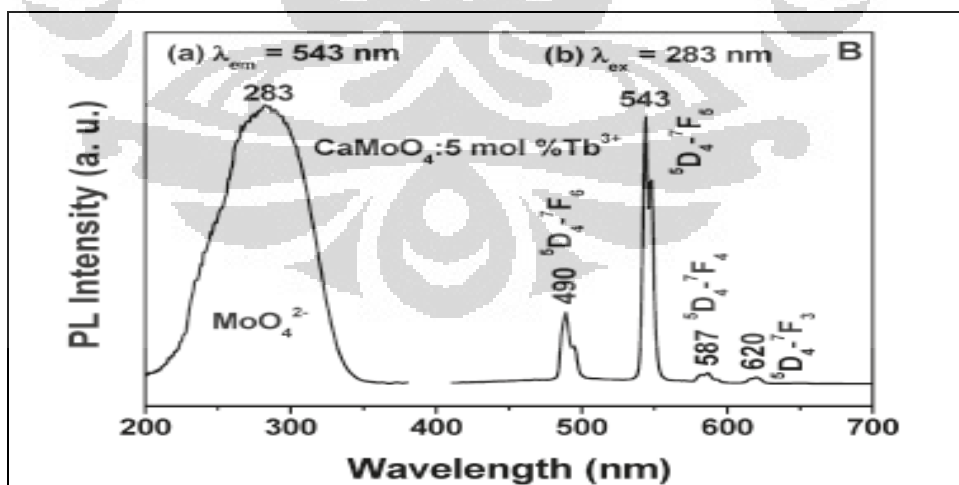
Tabel 2.2 Sifat Fisik Terbium (Cotton, 2006)

Tb	
Unsur	
Nomor Atom	65
Massa Atom	158.92
Konfigurasi Elektron	[Xe]4f ⁹ 6s ²
Valensi	3 atau 4
Logam	
Struktur kristal	hcp
Titik Lebur (°C)	1356
Titik Didih (°C)	3230
Densitas (g/cm ³)	8.23
Jari - jari Logam (pm)	178

Terbium termasuk dalam salah satu jenis logam transisi karena sifatnya yang tidak terdapat secara tunggal di bumi, melainkan terikat bersama dengan jenis logam lainnya. Oleh karena itu, unsur – unsur lantanida sering pula dikenal dengan *Rare-Earth*. Salah satu sifat dari unsur logam transisi adalah cenderung membentuk ion kompleks karena memiliki subkulit d atau f yang tidak terisi penuh. Ion kompleks ini selanjutnya dapat membentuk senyawa kompleks apabila terdapat ion pengkompleks lainnya atau dikenal dengan ligan.

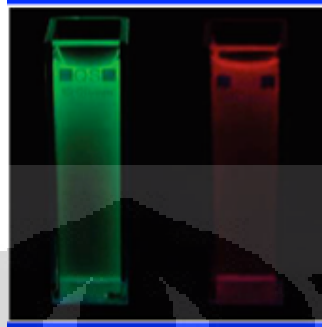
2.3 Kompleks Terbium

Kompleks yang mengandung ion Terbium (kompleks Tb(III)) divariasikan oleh ligan pengkompleks, salah satu contoh adalah trietilen-glikol (EO3). Hal yang paling menarik dari kompleks lantanida tersebut adalah sifat strukturnya yang bisa mempunyai bilangan koordinasi yang tinggi (antara 8 hingga 12) serta pelbagai bentuk geometri dan sifat fotofisikanya (Kusrini *et al.*, 2009). Emisi utama terjadi pada rentang 491nm dan 546nm pada kedudukan transisi $^5D_4 \rightarrow ^7F_6$ dan $^5D_4 \rightarrow ^7F_5$. Spektrum emisi dari nanopartikel kompleks Tb(III) memiliki bentuk spektrum emisi yang sama dengan *bulk hydrated* kompleks Tb(III). Gambar 2.1 (Hou *et al.*, 2009) spektrum emisi dari kompleks Tb(III) :



Gambar 2.1 Spektrum Emisi CaMoO_4Tb (Hou *et al.*, 2009)

Kompleks Tb(III) pada transisi $^5D_4 \rightarrow ^7F_J$ ($J=6, 5, 4, 3$) adalah spektrum emisi yang berada pada wilayah berwarna hijau. Salah satu hasil pencahayaan dari kompleks-Tb(III) dapat dilihat pada Gambar 2.2 (Daiguebonne *et al.*, 2008).



Gambar 2.2. (kiri)Foto radiasi UV (312nm) $[Tb_2(bdc)_3(H_2O)_4]_n$ (Daiguebonne *et al.*, 2008)

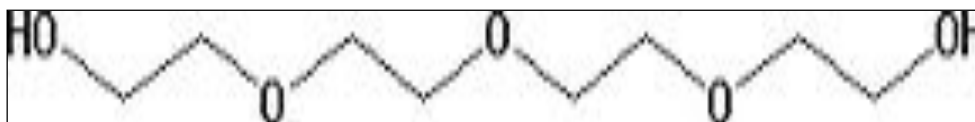
2.3.1 Tetraetilen glikol

Salah satu ion pengkompleks atau ligan yang dapat bereaksi dengan unsur Terbium membentuk senyawa kompleks berwarna khas dengan foto pendarcahayaan yang tinggi adalah Polietilen-glikol (PEG). Struktur umum dari PEG dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Struktur Kimia Polietilen glikol (PEG)

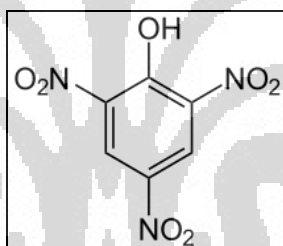
Salah satu senyawaan PEG adalah Tetraetilen-glikol atau EO4. Tetraetilen glikol merupakan jenis ligan asiklik. Kandungan atom oksigen yang berada pada kedua ujung struktur kimianya yang membuat ligan ini dapat berikatan dengan ion logam dan menghasilkan kompleks yang stabil. Struktur kimia dari Tetraetilen-glikol dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Struktur Kimia Tetraetilen-glikol (EO4)

2.3.2 Asam Pikrat

Asam pikrat atau dengan nama IUPAC, 2,4,6-trinitrofenol (TNP) adalah senyawa kimia yang berbentuk padatan kristalin berwarna kuning yang juga bersifat eksplosif selain senyawaan nitrat lainnya trinitrotoluene atau TNT. Sifatnya yang mudah eksplosif ini membuat TNP banyak digunakan sebagai campuran dalam senjata kemiliteran. TNP merupakan salah satu senyawaan fenol yang paling bersifat asam. Struktur kimia dari TNP adalah suatu senyawa aromatik dengan gugus fungsi dasar senyawa fenol. Pada Gambar 2.5 dapat dilihat struktur kimia dari asam pikrat, TNP.



Gambar 2.5 Struktur Kimia Asam Pikrat (HPic)

Pada lingkup yang lebih kecil, asam pikrat digunakan sebagai bahan kimia aditif agar suatu senyawa kimia memiliki warna untuk analisa pengukuran atau karakterisasi. Dalam bidang kimia organik, asam pikrat digunakan untuk membentuk garam kristalin dari senyawaan organik yang berguna untuk identifikasi dan karakterisasi suatu senyawa. Salah satunya adalah pada karakterisasi suatu senyawa kompleks dari Terbium(III).

2.4 Nanopartikel Kompleks

Nanopartikel adalah hasil dispersi partikulat atau partikel padat yang memiliki ukuran partikel antara 10 nm sampai dengan 100 nm (Dai, 2004). Transisi partikel dari mikropartikel menjadi nanopartikel dapat menyebabkan

Universitas Indonesia

sejumlah perubahan dalam sifat fisik. Dua faktor utama dalam transisi ini adalah peningkatan rasio luas permukaan terhadap volume dan ukuran partikel yang bergerak ke tempat efek kuantum mendominasi. Dalam beberapa tahun ini, nanopartikel dihubungkan dengan pelapisan menggunakan polimer hidrofilik seperti Polietilen-glikol (PEG) sehingga pada dunia kesehatan nanopartikel tersebut bersifat biodegradasi (Mohanraj and Chen, 2006).

Peningkatan rasio luas permukaan terhadap volume ini menyebabkan ukuran partikel menjadi semakin kecil membuat pergerakan atom – atom akan semakin meningkat pada permukaan partikel itu sendiri (Holister *et al.*, 2003). Hal ini berpengaruh baik terhadap sifat partikel itu sendiri dalam suatu isolasi dan interaksi dengan material lainnya. Besarnya luas permukaan dari partikel merupakan faktor utama dari kinerja dari suatu katalis atau struktur pada elektroda. Selain itu, luas permukaan yang besar juga memberikan interaksi yang besar antara material – material yang ada pada ukuran nanokomposit yang dapat memicu perubahan resistansi panas atau kimia dari senyawa partikel tersebut.

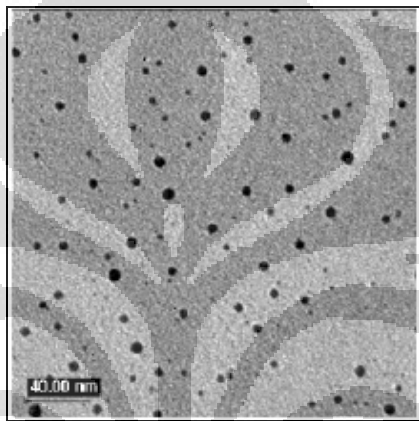
2.4.1 Sintesis Nanopartikel Kompleks

Nanopartikel dapat disintesis dari berbagai material seperti protein, polisakarida, dan juga polimer sintetik. Pemilihan matriks material nanopartikel tergantung dari berbagai faktor, salah satu diantaranya adalah ukuran nanopartikel yang diharapkan (Mohanraj *et al.*, 2006). Sintesis dan aplikasi nanopartikel menjadi penelitian yang paling menarik karena bisa dimulai dari dasar sintesis sampai dengan aplikasinya. Sintesis nanopartikel didasarkan atas 3 metode dasar, yaitu :

- 1) Dispersi pelarut,
- 2) Polimerisasi dari monomer,
- 3) Ionik gelatin dari polimer hidrofilik.

Salah satu metode yang mudah dan murah adalah dispersi pelarut. Metode ini terdiri atas dua klasifikasi, yaitu metode evaporasi pelarut dan metode emulsifikasi spontan atau difusi pelarut (Mohanraj *et al.*, 2006). Metode difusi pelarut merupakan modifikasi dari metode evaporasi pelarut. Pada metode difusi pelarut ini akan dicampurkan pelarut kompleks dengan pelarut organik *immiscible*

dari pelarut kompleks. Hal ini akan membuat kedua pelarut tersebut berdifusi secara spontan. Selama difusi spontan tersebut akan membentuk pergerakan turbulensi diantara dua fasa tersebut sehingga akan dapat membentuk formasi partikel yang kecil. Pada metode ini diketahui dengan memperbesar konsentrasi dari pelarut kompleks yang digunakan akan memperkecil ukuran dari partikel yang akan dihasilkan (Dai, 2004). Salah satu contoh bentuk nanopartikel yang dihasilkan dengan metode dispersi pelarut ini dapat dilihat pada Gambar 2.6 (Universidad de Alicante, 2009).



Gambar 2.6 Karakterisasi TEM Nanopartikel Platinum (Universidad de Alicante, 2009)

2.4.2 Karakterisasi Nanopartikel Kompleks

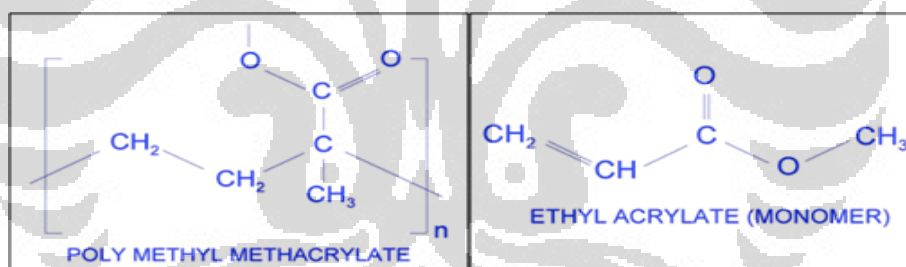
Karakterisasi nanopartikel kompleks diperlukan untuk mengetahui, mengerti dan mengontrol sintesis dan aplikasi nanopartikel. Karakterisasi telah banyak dilakukan dengan banyak teknik instrumentasi yang secara utama diterapkan untuk ilmu material.

Secara umum, teknik karakterisasi nanopartikel adalah dengan *Particle Size Analyzer (PSA)*, mikroskopi elektron (SEM atau TEM), *Atomic Force Microscopy (AFM)*, *Dynamic Light Scattering (DLS)*, *X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS)*, *powder X-ray Diffraction (PXRD)*, *Photoluminescence (PL)*, *Fourier Transform Infrared (FTIR)*, spektroskopi massa *Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time-of-Light (MALDI-TOF)*, Spektrofotometri UV-Vis, dan *Nuclear Magnetic Resonance (NMR)*.

2.5 Polimer Polimetilmetakrilat (PMMA)

Polimetilmetakrilat (PMMA) atau polymethyl-2-methyl propanoate adalah senyawa polimer dengan dasar molekul atau monomer Methyl Methacrylate (MMA). Monomer MMA memiliki rumus kimia $C_5H_8O_2$ yang mempunyai satu ikatan rangkap dari dua atom karbon. Ikatan rangkap ini pada saat polimerisasi akan terputus dan akan mengikat atom karbon dari monomer MMA lain sehingga terbentuklah PMMA. Struktur kimia dari PMMA dan monomernya dapat dilihat pada Gambar 2.7 (Winsornewton, 2008). PMMA dikenal sebagai polimer yang cukup kuat dan memiliki berat material yang ringan. Polimer ini digunakan sebagai alternatif dari polimer Polycarbonate (PC). Densitas dari polimer ini adalah $1,17 - 1,20 \text{ g/cm}^3$. PMMA mudah larut dalam berbagai macam pelarut organik.

Salah satu kegunaan dari PMMA adalah sebagai bahan tambahan dalam pelapisan / *coating* atau bahan tambahan dalam senyawa untuk meningkatkan nilai absopsi pada rentang $300 - 400 \text{ nm}$.



Gambar 2.7 Polimetilmetakrilat (PMMA) dan Monomer MMA

2.6 Pendarcahaya Kompleks

Pada tahun 1888, fisikawan Jerman memberikan istilah “Luminescence” untuk mengkarakterisasi pencahayaan emisi dengan temperatur dikondisikan stabil (Bunzli, 2005). Istilah “Luminescence” atau pendarcahaya ini banyak diaplikasikan pada beberapa senyawaan golongan lantanida. Kini IUPAC telah memiliki peraturan tentang spektroskopi luminescence / pendarcahaya, yaitu digunakan istilah *fluorescence* untuk proses tanpa terjadi pergantian spin pada konfigurasi elektron, seperti transisi $S_1 \rightarrow S_0$ atau Yb (${}^2F_{5/2} \rightarrow {}^2F_{7/2}$) dan digunakan istilah *phosphorescence* untuk proses dengan pergantian spin, seperti

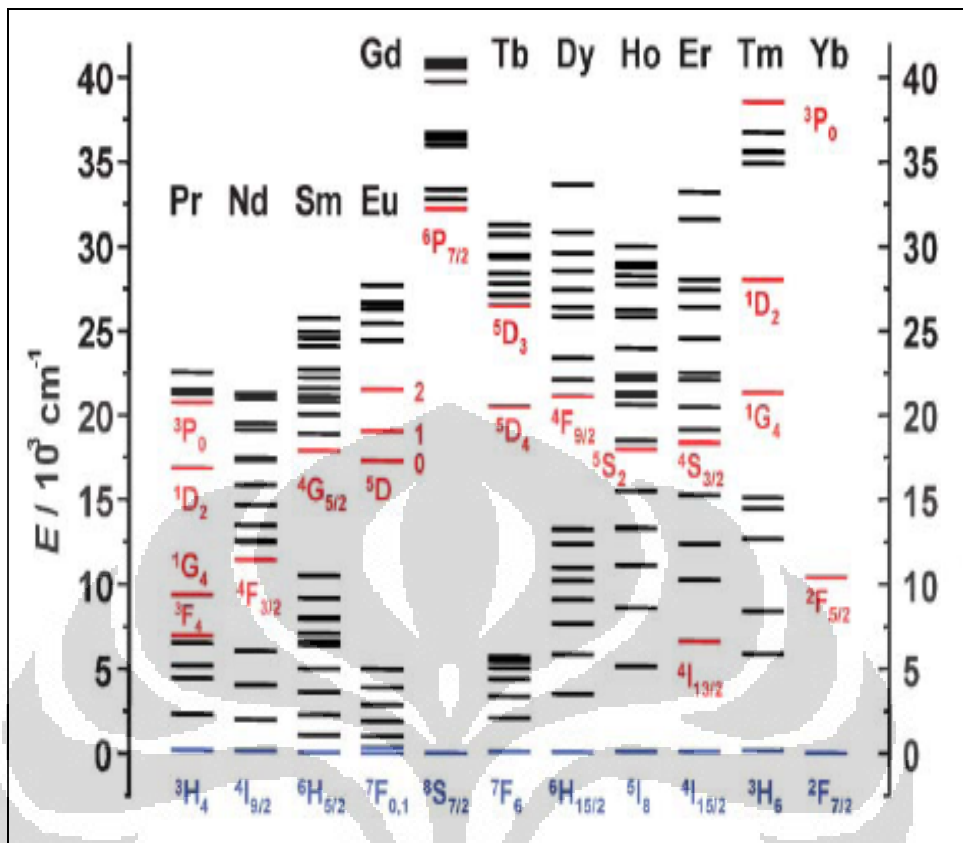
Universitas Indonesia

transisi $T_1 \rightarrow S_0$ or $Eu (^5D_0 \rightarrow ^7F_1)$ (Bunzli and Piguet, 2005). Golongan lantanida dari unsur Cerium (Ce) sampai dengan Lutetium (Lu) merupakan elemen yang memiliki keunikan. Elemen yang satu dengan elemen yang lain memiliki karakteristik yang hampir sama, salah satunya tingkat oksidasi dari elemen. Hal ini dijelaskan oleh konfigurasi elektron atom dari unsur golongan lantanida yang memiliki bilangan tingkat oksidasi trivalent atau LnIII. Secara umum konfigurasi elektron dari golongan lantanida adalah $[Xe]4f^n$, $n = 0 - 14$ (Bunzli and Piguet, 2005). Orbital 4f sebelumnya diisi oleh sub-kulit $5p^66s^2$ menghasilkan sifat spektroskopi yang menarik dengan keseimbangan 4f-4f yang memberikan nilai koefisien absorpsi molar yang sangat rendah dan sifat emisi pada daerah visible dan near infrared. Beberapa potensial aplikasi dari pendarcahaya dari ion lantanida adalah sebagai berikut :

- 1) Pencerahan pada industri untuk penanganan lampu fosfor,
- 2) Kemampuan pendarcahaya untuk menyediakan electroluminescence *organic light emitting diodes* (OLED) dan optikal fiber untuk telekomunikasi,
- 3) Fungsional senyawa kompleks pada bidang bio-assay dan kegunaan pada bidang medis.

Hampir seluruh unsur pada golongan lantanida memiliki nilai pendarcahaya. Terutama untuk unsur Europium (Eu) dan Terbium (Tb) yang memiliki pendarcahaya pada wilayah visible yang telah banyak dilakukan penelitian (Faulkner *et al.*, 2005). Emisivitas dari ion lantanida disebabkan oleh tingkat eksitasi yang terbentuk yang dapat terpopulasi sehingga memberikan warna khas pada pendarcahaya. Diagram energi parsial dari golongan lantanida pada saat transisi pendarcahaya yang ditunjukkan pada Gambar 2.8 (Bunzli and Piguet, 2005).

Pada Gambar 2.8 dapat dilihat pada warna merah adalah tingkat awal transisi pendarcahaya utama dari masing – masing unsur dan tingkat akhir dari transisi dituliskan pada warna biru. Dengan melihat nilai perbedaan energi pada Gambar 2.8 (Bunzli and Piguet, 2005), unsur EuIII, GdIII, dan TbIII adalah ion yang terbaik dengan nilai selisih perubahan energi yang besar.



Gambar 2.8 Diagram Dieke Unsur Golongan Lantanida (Bunzli and Piguet, 2005)

Untuk Eu(III) memiliki $\Delta E = 12300 \text{ cm}^{-1}$ (${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_6$), untuk Gd(III) memiliki $\Delta E = 32200 \text{ cm}^{-1}$ (${}^6P_{7/2} \rightarrow {}^8S_{7/2}$), dan untuk Tb(III) memiliki $\Delta E = 14800 \text{ cm}^{-1}$ (${}^5D_4 \rightarrow {}^7F_0$). Dengan besarnya nilai selisih perubahan energi dari ion – ion tersebut menjelaskan penelitian pendarahaya yang mengandung ion – ion tersebut terutama Eu(III) dan Tb(III) telah begitu populer sampai dekade ini (Bunzli and Piguet, 2005). Selain memiliki nilai selisih perubahan energi yang besar, Eu(III) dan Tb(III) juga memiliki nilai *lifetime*, τ yang paling lama. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2.3 yaitu Eu(III), Gd(III), dan Tb(III) secara berurut memiliki nilai τ sebesar 9.67, 10.9, dan 9.02 /milisekon. Sifat transisi pendarahaya utama dari lantanida III lainnya juga dapat dilihat pada Tabel 2.3 (Bunzli and Piguet, 2005).

Tabel 2.3 Transisi Pendarcahaya Utama Lantanida(III) (Bunzli and Piguet, 2005)

Ln	Tingkat Eksitasi	$\tau_{\text{Rad}}/\text{ms}$	Akhir Eksitasi	J	Tipe Pendarcahaya	λ / nm	Warna Emisi
Pr	$^1\text{G}_4$	n.a.	$^3\text{H}_J$	4 - 6	P	1300	NIR
	$^1\text{D}_2$	n.a.	$^3\text{F}_J$	2 - 4	P	890, 1060	NIR
	$^3\text{P}_0$	n.a.	$^3\text{H}_J$	4 - 6	F	525 - 680	Jingga
Nd	$^4\text{F}_{3/2}$	0.42	$^4\text{I}_J$	9/2 - 15/2	F	1060	NIR
Sm	$^4\text{G}_{5/2}$	6.26	$^6\text{H}_J$	5/2 - 15/2	P	590	Jingga
Eu	$^5\text{D}_0$	9.67	$^7\text{F}_J$	0 - 6	P	620	Merah
Gd	$^6\text{P}_{7/2}$	10.9	$^8\text{S}_{7/2}$		P	312	UV
Tb	$^5\text{D}_4$	9.02	$^7\text{F}_J$	6 - 0	P	550	Hijau
Dy	$^4\text{F}_{9/2}$	1.85	$^6\text{H}_J$	15/2 - 5/2	P	570	Kuning
Ho	$^5\text{F}_5$	n.a.	$^5\text{I}_J$	8 - 4	F	970, 1450	NIR
	$^5\text{S}_2$	0.37	$^5\text{I}_J$	8 - 4	F	540	Hijau
Er	$^4\text{S}_{3/2}$	0.66	$^4\text{I}_J$	15/2 - 9/2	F		
	$^4\text{I}_{13/2}$	n.a.	$^4\text{I}_{15/2}$		F	1530	NIR
Tm	$^1\text{G}_4$	n.a.	$^3\text{H}_J$	6 - 4	P		
Yb	$^2\text{F}_{5/2}$	1.2	$^2\text{F}_{7/2}$		F	980	NIR

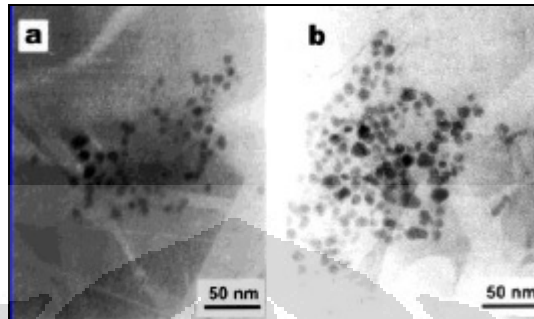
Beberapa tipe dari luminescence atau pendarcahaya adalah *Photoluminescence*, *Bioluminescence*, *Fluorescence*, *Chemiluminescence*, *Electroluminescence*, *Phosphorcence*, dan *Thermoluminescence*. (Bunzli *et al.*, 1989).

2.7 Komposit Kompleks Lantanida(III)

Nanokomposit kompleks lantanida(III) merupakan nanopartikel kompleks lantanida yang difabrikasi ke dalam suatu matriks polimer. Senyawa kompleks lantanida yang dimasukkan ke dalam suatu matriks polimer memiliki kelas material baru dengan karakteristik kompleks yang berbeda sehingga membuka peluang pada teknologi baru yang luas (Li *et al.*, 2001).

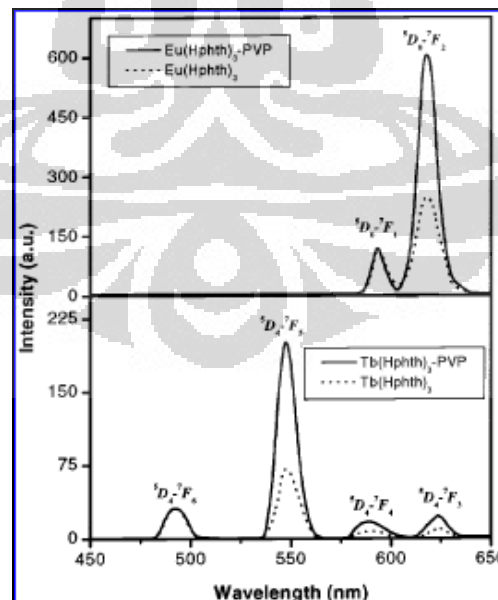
Universitas Indonesia

Pada Gambar 2.9 (Li *et al.*, 2001) merupakan hasil karakterisasi TEM pada kompleks $Tb(Hphth)_3$ yang difabrikasikan ke dalam matriks polimer Poli-VinilPirolidon (PVP).



Gambar 2.9 Hasil TEM pada Nanokomposit $Tb(Hphth)_3$ -PVP (Li *et al.*, 2001)

Nanokomposit dapat diaplikasikan untuk *thin film* pada suatu substrat sebagai sensor. Pertumbuhan kepentingan dari *thin film* matriks polimer dalam integrasinya dengan teknologi optik membuat fabrikasi kompleks lantanida pada suatu matriks polimer menjadi menarik untuk diteliti (Li *et al.*, 2001). Tidak terbentuk aglomerasi pada nanostruktur menandakan efektifitas nanopartikel kompleks Ln(III) yang difabrikasi ke dalam matriks polimer sehingga suatu nanokomposit yang transparan dan stabil akan dapat dihasilkan.



Gambar 2.10 Nilai Intensitas Nanopartikel Kompleks $Tb(Hphth)_3$ dan Nanokomposit $Tb(Hphth)_3$ -PVP (Li *et al.*, 2001)

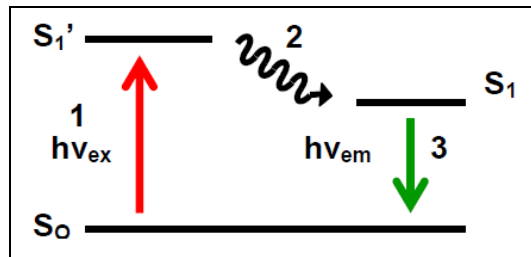
Selain dapat menstabilkan nanostruktur pada komposit, matriks polimer juga memiliki peranan yang signifikan pada sifat pendarcahaya dari kompleks Ln(III) (Li *et al.*, 2001). Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.10 dimana terdapat dua kurva pada tiap grafik. Grafik yang diatas merupakan grafik untuk nanopartikel kompleks dan nanokomposit $\text{Eu}(\text{Hphth})_3$, sedangkan grafik yang dibawah merupakan grafik untuk nanopartikel kompleks dan nanokomposit $\text{Tb}(\text{Hphth})_3$. Kurva nanopartikel kompleks ditandai dengan garis putus – putus. Nanopartikel kompleks Ln(III) yang telah difabrikasi ke dalam matriks polimer PVP ditandai dengan kurva garis penuh. Telah diketahui sebelumnya bahwa transisi untuk kompleks Tb(III) adalah ${}^5\text{D}_4 \rightarrow {}^7\text{F}_j$ ($J=6, 5, 4, 3$).

Pada Gambar 2.10 dapat dilihat puncak terdapat pada 490, 546, 586, dan 622 nm. Namun, peak yang paling utama adalah pada 546 nm, yaitu transisi ${}^5\text{D}_4 \rightarrow {}^7\text{F}_5$. Peak utama pada wilayah 546 nm ditunjukkan, baik pada nanopartikel kompleks $\text{Tb}(\text{Hphth})_3$ dan juga pada nanokomposit $\text{Tb}(\text{Hphth})_3\text{-PVP}$. Hal ini menandakan dengan fabrikasi nanopartikel kompleks ke dalam matriks polimer tidak merubah karakteristik utama dari kompleks Tb(III) yang memiliki warna khas hijau pada wilayah 546 nm. Namun demikian, pada Gambar 2.10 dapat terlihat bahwa nilai intensitas dari nanokomposit $\text{Tb}(\text{Hphth})_3\text{-PVP}$ lebih besar dari nilai intensitas dari nanopartikel kompleks $\text{Tb}(\text{Hphth})_3$. Pada nanopartikel kompleks $\text{Tb}(\text{Hphth})_3$, intensitas rasio dari transisi ${}^5\text{D}_4 \rightarrow {}^7\text{F}_5$ terhadap ${}^5\text{D}_4 \rightarrow {}^7\text{F}_6$ adalah sebesar 2,3. Pada nanokomposit $\text{Tb}(\text{Hphth})_3\text{-PVP}$, intensitas rasio dari transisi ${}^5\text{D}_4 \rightarrow {}^7\text{F}_5$ terhadap ${}^5\text{D}_4 \rightarrow {}^7\text{F}_6$ meningkat menjadi sebesar 6,3. Dari hal ini, matriks polimer memiliki peranan meningkatkan intensitas pendarcahaya dari kompleks Ln(III).

2.8 Fluoresensi

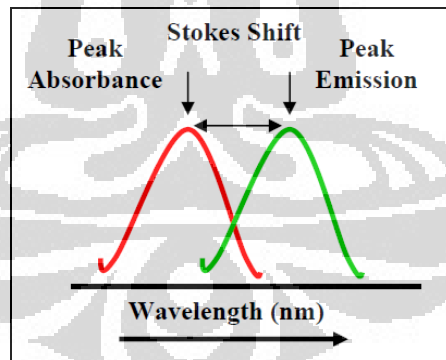
Fluoresensi merupakan hasil dari tiga tahapan proses yang terjadi pada molekul yang dapat berfluoresensi yang disebut dengan *fluorescent dyes* atau *fluorophores* (Guilbault, 1990). Tiga tahap tersebut adalah tahap eksitasi, tahap bertahan pada tingkat eksitasi (*excited-state lifetime*), dan tahap emisi. Tahapan tersebut terjadi secara simultan yang dapat diilustrasikan dengan diagram

sederhana tingkat elektronik atau dikenal dengan diagram “Jablonski” (Gambar 2.11).



Gambar 2.11 Diagram Jablonski (Guilbault, 1990)

Energi photon $h\nu_{ex}$ dihasilkan sumber radiasi seperti lampu Xenon (Xe) yang kemudian diserap oleh *fluorophores* mencapai tingkat *excited singlet state* (S_1'). Pada kondisi inilah terbaca oleh alat sebagai puncak kurva eksitasi (Gambar 2.12). Keadaan tereksitasi ini memiliki waktu bertahan dengan ada sedikit energi yang teremisi mencapai tingkat *relaxed singlet excited state* (S_1). Pada tingkat S_1 kemudian seluruh energy teremisi kembali ($h\nu_{em}$) menuju tingkat dasarnya atau *ground state* (S_0). Pada kondisi inilah terbaca oleh alat sebagai puncak kurva emisi (Gambar 2.12). Selisih antara puncak kurva eksitasi dengan puncak kurva emisi dikenal sebagai “Stokes shift”.



Gambar 2.12 Ilustrasi Puncak Kurva Eksitasi – Emisi dan “Stokes shift” (Guilbault, 1990)

Salah satu gangguan yang dapat mempengaruhi besarnya nilai intensitas fluoresensi adalah “quenching”. Peristiwa *quenching* adalah menurunnya nilai intensitas fluoresensi yang disebabkan oleh terlalu tingginya konsentrasi dari *fluorophores* yang membuat probabilitas interaksi molekul pada kondisi tereksitasi meningkat (Guilbault, 1990).

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Rekayasa Produk Kimia dan Bahan Alam (RPKA), Departemen Teknik Kimia, Universitas Indonesia, Depok. Pada penelitian ini akan dilakukan 2 metode penelitian, yaitu metode reprecipitasi-penguapan dan metode pencampuran langsung. Secara keseluruhan, skema penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.

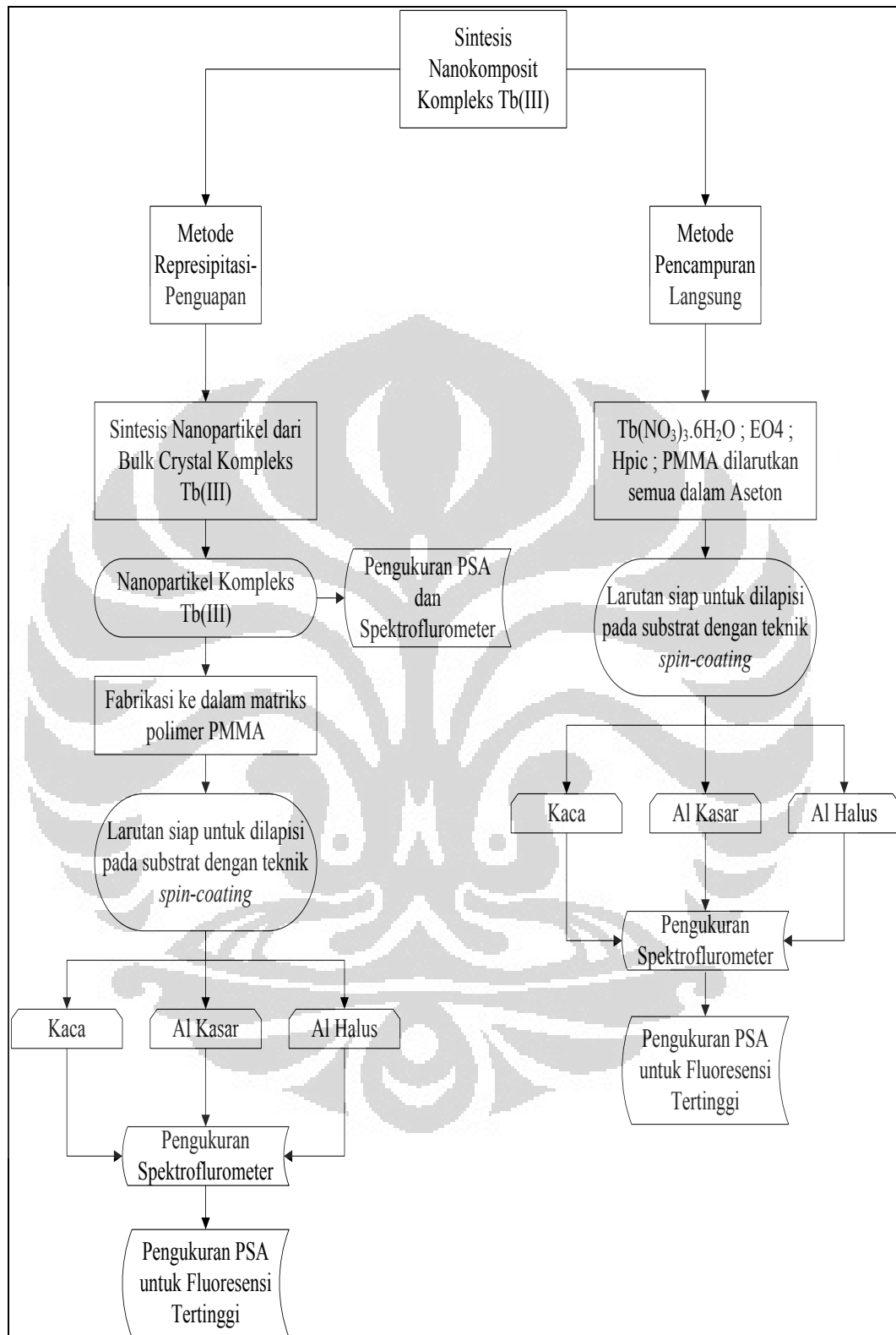
3.2 Bahan dan Alat Penelitian

Bahan – bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

- $Tb(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ (Johnson Matthey Electronics, Milwaukee, USA)
- Tetraetilen Glikol (EO4) (Acros, New Jersey, USA)
- Asam Pikrat (HPic) (BDH, Poole, England),
- Padatan kristal $[Tb(Pic)_2(H_2O)(EO_4)]Pic \cdot H_2O$,
- Aseton (*pure analysis*, Merck),
- Asetonitril (*pure analysis*, Merck),
- Kloroform (*pure analysis*, Merck),
- Polimetilmetakrilat (PMMA) (Acros, New Jersey, USA),
- Substrat Kaca, Aluminium Kasar, dan Aluminium Halus.

Alat – alat yang digunakan pada penelitian ini adalah :

- Spektrofluorometer HITACHI F-2000 dan Jobin Yvon HR800UV,
- Particle Size Analyzer (PSA) Zetasizer Nano Series ZEN 1600,
- Neraca Analitik,
- Mikropipet,
- Termometer,
- Hotplate stirrer,
- Alat *vortex*,
- Spin Coater,
- Ultrasonic cleaner,
- Oven dan Alat – alat gelas.



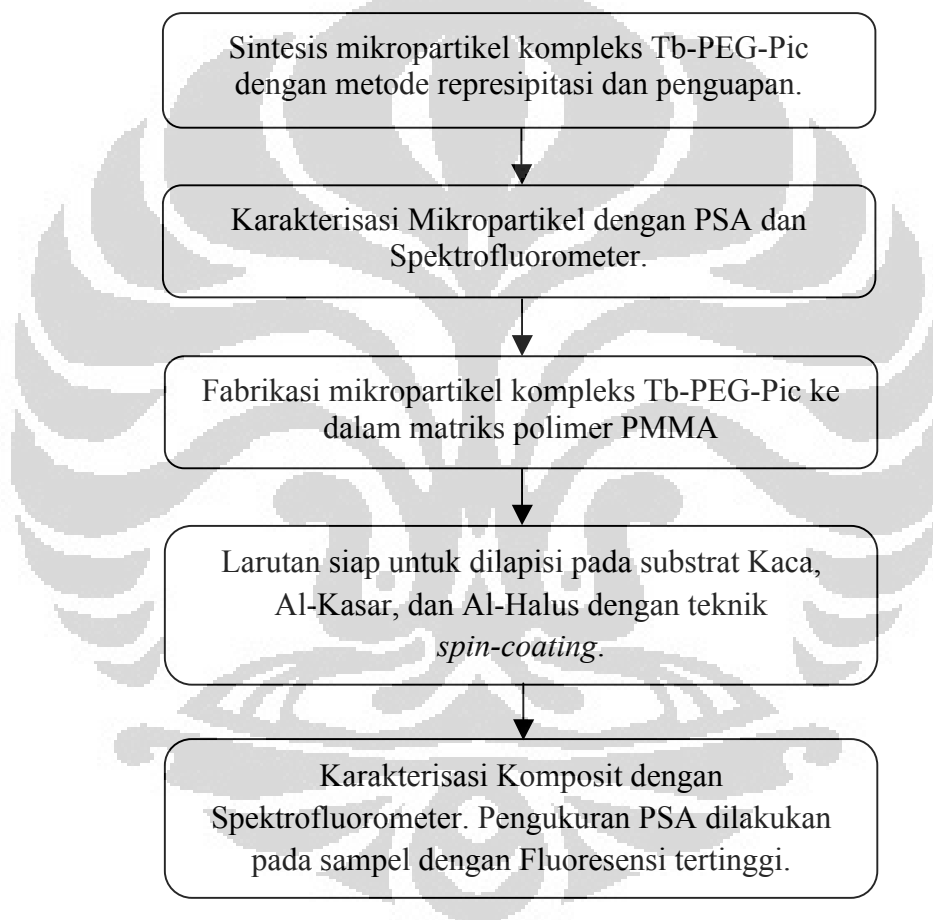
Gambar 3.1 Skema Penelitian

3.3 Tahapan Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan dengan 2 metode penelitian, yaitu metode reprecipitasi-penguapan dan metode pencampuran langsung.

3.3.1 Metode Reprecipitasi-Penguapan

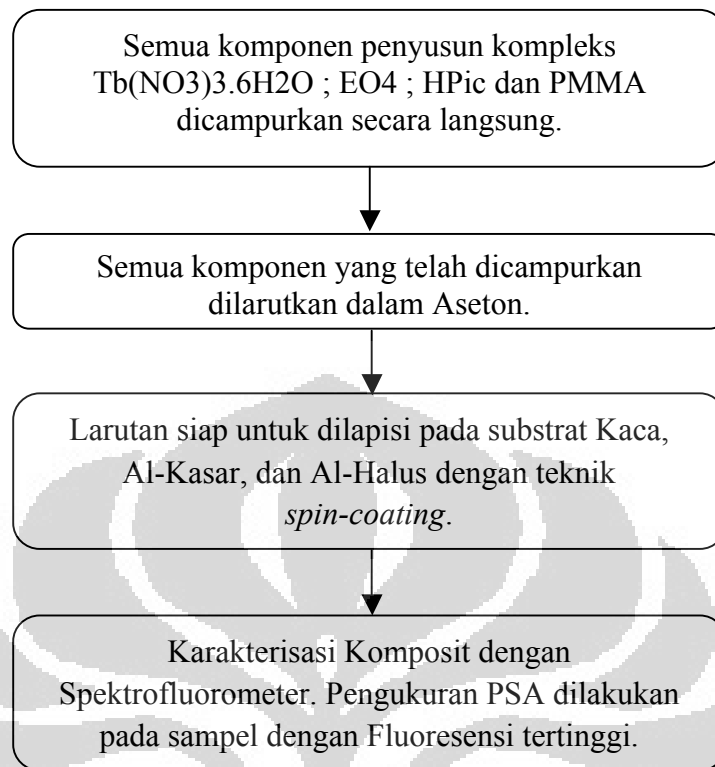
Pada tahap ini polimer PMMA difabrikasikan secara tidak langsung, yaitu fabrikasi dilakukan setelah tahap sintesis mikropartikel kompleks Tb(III) yang dilakukan mengikuti diagram dibawah ini (Gambar 3.2) :



Gambar 3.2 Diagram Tahapan Metode Reprecipitasi-Penguapan

3.3.2 Metode Insitu atau Pencampuran Langsung

Pada tahap ini polimer PMMA difabrikasikan secara langsung dari awal tahap sintesis mikropartikel kompleks Tb(III) yang dilakukan mengikuti diagram dibawah ini (Gambar 3.3) :



Gambar 3.3 Diagram Tahapan Metode Pencampuran Langsung atau *In situ*

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Sintesis Mikropartikel Tb[EO4-Pic]

- a. Bulk kristal $[\text{Tb}(\text{Pic})_2(\text{H}_2\text{O})(\text{EO}_4)]\text{Pic} \cdot \text{H}_2\text{O}$ ditimbang sebanyak ± 0.02 gram ke dalam tabung reaksi,
- b. Padatan kristal kompleks tersebut dilarutkan dengan 1 mL aquabides,
- c. Larutan diaduk dengan menggunakan alat *Vortex* selama 30 menit sampai seluruh padatan kompleks Tb-EO4-Pic larut sempurna,
- d. Setelah larut sempurna, kemudian dilanjutkan dengan pemanasan larutan pada temperatur 40°C ,
- e. Larutan tersebut kemudian didinginkan hingga kembali mencapai temperatur kamar,
- f. Larutan kompleks Tb-EO4-Pic ini dipipet sebanyak $50 \mu\text{L}$ dengan menggunakan mikropipet, kemudian ditetaskan pada *glass slide* yang telah disterilkan sebelumnya dengan menggunakan alat *ultrasonic cleaner*,

- g. Setelah itu, kloroform (pelarut *miscible*) diteteskan 100 μ L pada *glass slide* tersebut dimana perbandingan larutan kompleks dengan kloroform adalah 1 : 2 sehingga larutan kompleks Tb-EO4-Pic dalam aseton terdispersi secara merata pada *glass slide*,
- h. Setelah itu *glass slide* tersebut dikeringkan pada desikator.

3.4.2 Fabrikasi Mikropartikel Tb[EO4-Pic] ke dalam matriks PMMA

- a. Mikropartikel kompleks Tb-EO4-Pic ditimbang sebesar 0,05 g,
- b. Polimer PMMA juga ditimbang sebesar 0,95 g,
- c. Mikropartikel kompleks dan PMMA dilarutkan dengan 10 mL aseton,
- d. Larutan komposit Tb-EO3-Pic/PMMA kemudian disiapkan di dalam substrat Kaca, Al-Kasar, dan Al-Halus melalui teknik spin coating dengan kecepatan 100 rpm selama 2 menit,
- e. Substrat siap untuk dikarakterisasi.

3.4.3. Sintesis Komposit Tb[EO4-Pic] dengan Metode Insitu atau Pencampuran Langsung

- a. Ditimbang setiap komponen sebesar 0,01 g $\text{Tb}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; 0,02 g EO4, 0,02 g HPic dan 0,95 g PMMA dalam gelas kimia,
- b. Seluruh komponen dalam gelas kimia dilarutkan dengan 10 mL aseton,
- c. Diaduk rata hingga larut sempurna,
- d. Larutan komposit Tb-EO4-Pic/PMMA disiapkan di dalam substrat Kaca, Al-Kasar, dan Al-Halus melalui teknik spin coating dengan kecepatan 100 rpm selama 2 menit,,
- e. Substrat siap untuk dikarakterisasi.

3.4.4 Preparasi Substrat Media Pelapisan

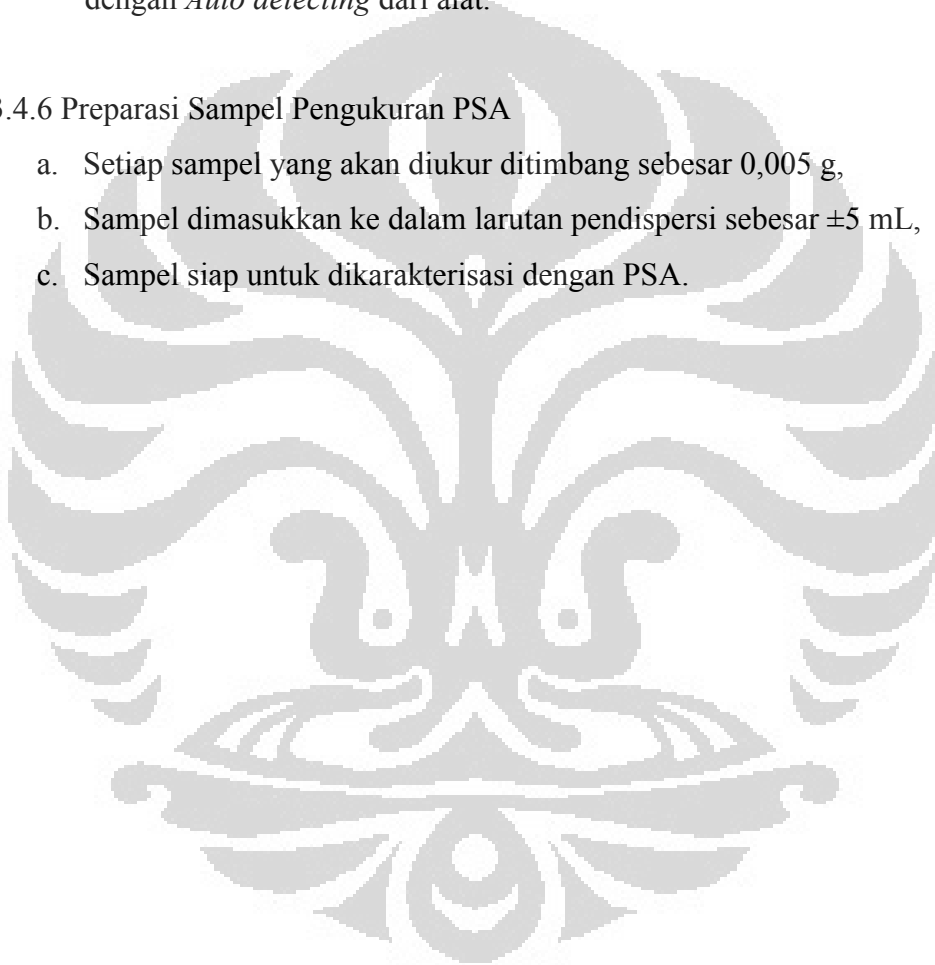
- a. Substrat yang akan digunakan dibuat dengan ukuran 100 x 100 mm,
- b. Substrat dibersihkan dengan aseton teknis dalam alat *ultrasonic cleaner* selama 20 menit,
- c. Setelah itu substrat dibilas dengan aquabides hingga bersih dan dikeringkan dalam oven untuk menghilangkan kandungan air yang tersisa,
- d. Substrat siap untuk dilapisi dengan teknik *spin-coating*.

3.4.5 Preparasi Sampel Pengukuran Fluoresensi

- a. Setiap sampel yang akan diukur ditimbang untuk konsentrasi 0,002 M,
- b. Sampel tersebut dilarutkan dengan 5 mL asetonitril,
- c. Larutan diaduk rata hingga larut sempurna,
- d. Larutan siap untuk dikarakterisasi fluoresensi dengan spektrofourometer HITACHI F-2000,
- e. Panjang gelombang maksimal fluoresensi dari senyawa dapat diperoleh dengan *Auto detecting* dari alat.

3.4.6 Preparasi Sampel Pengukuran PSA

- a. Setiap sampel yang akan diukur ditimbang sebesar 0,005 g,
- b. Sampel dimasukkan ke dalam larutan pendispersi sebesar ± 5 mL,
- c. Sampel siap untuk dikarakterisasi dengan PSA.

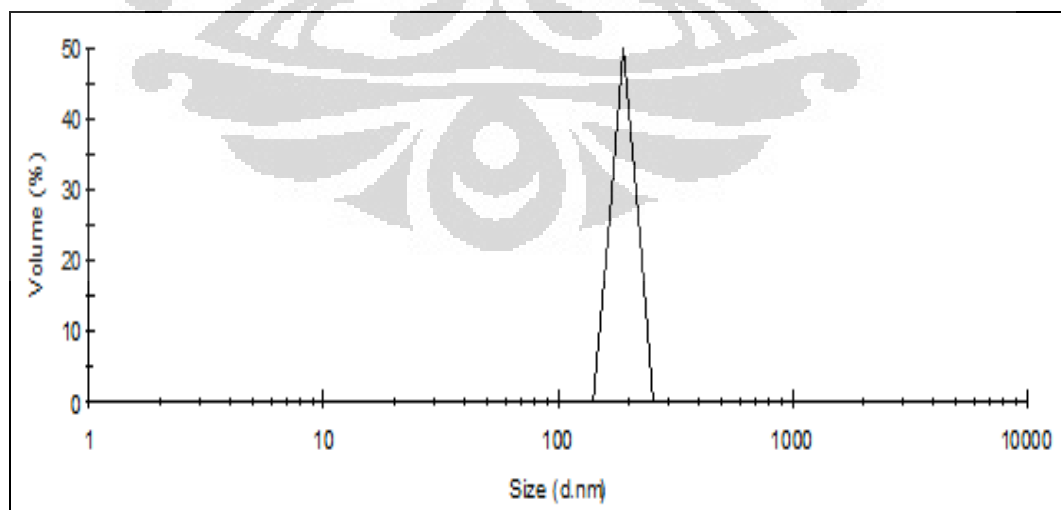


BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang diperoleh meliputi hasil pengukuran PSA dari sintesis mikropartikel Tb[EO4-Pic] dengan metode reprecipitasi-penguapan dan hasil pengukuran fluoresensi Tb[EO4-Pic] dengan spektrofotometer. Selain itu juga dibahas pengaruh matriks polimer PMMA dan jenis substrat yang digunakan terhadap intensitas fluoresensi Tb[EO4-Pic] yang dihasilkan. Hasil perbandingan antara metode reprecipitasi-penguapan dengan metode pencampuran langsung juga akan dibahas dalam bab ini.

4.1 Sintesis Mikropartikel Tb[EO4-Pic] dengan Metode Reprecipitasi-Penguapan

Pada penelitian ini, mikropartikel disintesis dengan metode reprecipitasi-penguapan. Dalam metode ini digunakan dua jenis pelarut yang tidak dapat saling melarutkan diantara pelarut tersebut atau dikenal dengan istilah *water-insoluble organic solvent* (Okuyama *et al.*, 2004). Penelitian yang dilakukan menggunakan air sebagai pelarut polar dan kloroform sebagai pelarut *miscible* atau pelarut non-polar. Padatan kristal atau *bulk crystal* kompleks [Tb(Pic)₂(H₂O)(EO4)]Pic.H₂O telah berhasil disintesis sebelumnya (Kusrini *et al.*, 2011).



Gambar 4.1 Data Karakterisasi PSA Sintesis Mikropartikel Tb[EO4-Pic]

Padatan kristal Tb[EO4-Pic] ini dilarutkan ke dalam pelarut air hingga larut sempurna. Proses pemanasan dilakukan untuk mempercepat proses pelarutan padatan kristal. Proses represipitasi-penguapan terjadi pada saat larutan tersebut diteteskan pada suatu wadah (substrat kaca) kemudian ditambahkan dengan *miscible solvent* kloroform, CHCl₃. Pada penelitian telah dilakukan beberapa percobaan untuk dapat mengetahui perbandingan volume antara larutan kompleks dengan CCl₄ agar diperoleh hasil represipitasi dan penguapan yang maksimal. Diperoleh hasil perbandingan volume larutan kompleks dengan CCl₄ 1 : 2.

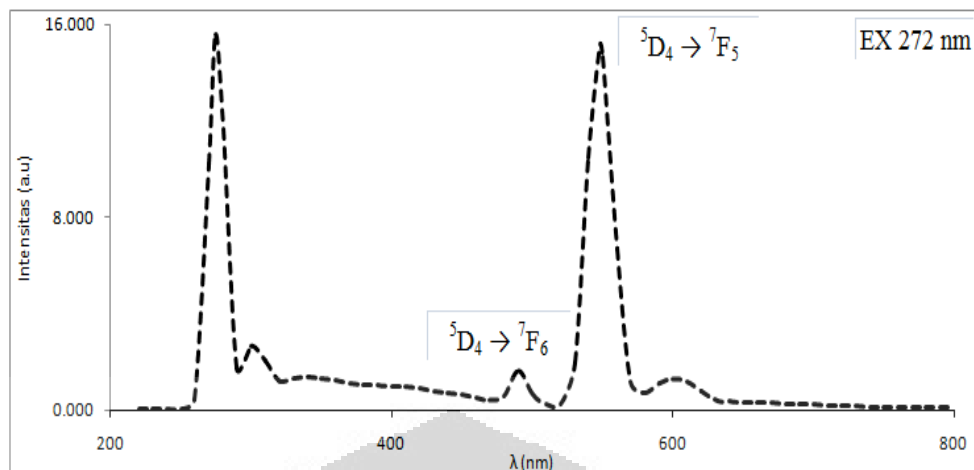
Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh ukuran partikel sebesar 191,0 nm yang dapat dilihat pada data karakterisasi PSA pada Gambar 4.1. Dengan demikian sintesis mikropartikel Tb[EO4-Pic] dengan metode represipitasi-penguapan telah berhasil dilakukan.

4.2 Sifat Luminesensi (Fluoresensi) Mikropartikel Tb[EO4-Pic]

Fluoresensi dikarakterisasi dengan menggunakan spektrofotometer HITACHI F-2000. Spesifikasi alat spektrofotometer tersebut dapat dilihat pada Lampiran 2. Wilayah serapan maksimal dapat diperoleh melalui *auto-detecting* yang dapat dilakukan oleh alat. Namun demikian, wilayah serapan maksimal Tb(III) telah diketahui berada pada kawasan sinar tampak, yaitu wilayah serapan emisi maksimal pada range 535 – 555 nm (Bunzli and Choppin, 1989).

Dari *auto detecting* alat diperoleh wilayah serapan emisi maksimal dari Tb(III) pada wilayah 547 – 552 nm dan wilayah serapan eksitasi pada 272 – 277 nm. Fluoresensi mikropartikel Tb[EO4-Pic] dikarakterisasi sebelum difabrikasi dengan polimer PMMA. Data lengkap pengukuran mikropartikel Tb[EO4-Pic] sebelum fabrikasi PMMA dapat dilihat pada Lampiran 3. Data tersebut juga diplot dalam grafik pada Gambar 4.2.

Karakterisasi fluoresensi mikropartikel Tb[EO4-Pic] dilakukan pada panjang gelombang eksitasi 272 nm. Panjang gelombang 272 nm ini merupakan hasil *auto detecting* dari alat spektrofotometer dimana pada panjang gelombang tersebut akan dihasilkan puncak emisi dengan nilai intensitas tertinggi.



Gambar 4.2 Kurva Fluoresensi Mikropartikel Tb[EO4-Pic] 0,002M dalam Asetonnitrl

Dari Gambar 4.2 terlihat ada dua puncak yang dominan. Puncak pertama adalah pada wilayah 275 nm dengan nilai intensitas 15,60. Puncak tersebut merupakan puncak eksitasi dari mikropartikel Tb[EO4-Pic]. Puncak eksitasi mikropartikel Tb[EO4-Pic] dapat terjadi pada range panjang gelombang 240 – 320 nm (Li *et al.*, 2001)

Puncak kedua terjadi pada wilayah 548 nm dengan nilai intensitas sebesar 15,19. Tb[EO4-Pic] dalam bentuk larutan, semua emisi yang terjadi dimulai dari level 5D_4 (Bunzli and Choppin, 1989). Diagram parsial energi Tb(III) dapat dilihat pada Lampiran 1. Transisi energy Tb(III) yang paling kuat terjadi pada transisi level $^5D_4 \rightarrow ^7F_5$ pada wilayah serapan 540 – 550 nm dengan menampilkan warna hijau pada kawasan tersebut (Hildebrandt and Lohmannsroben, 2007). Dari data ini dapat diketahui bahwa pada λ 548 nm merupakan transisi karakteristik untuk Tb(III), yaitu transisi hipersensitif $^5D_4 \rightarrow ^7F_5$.

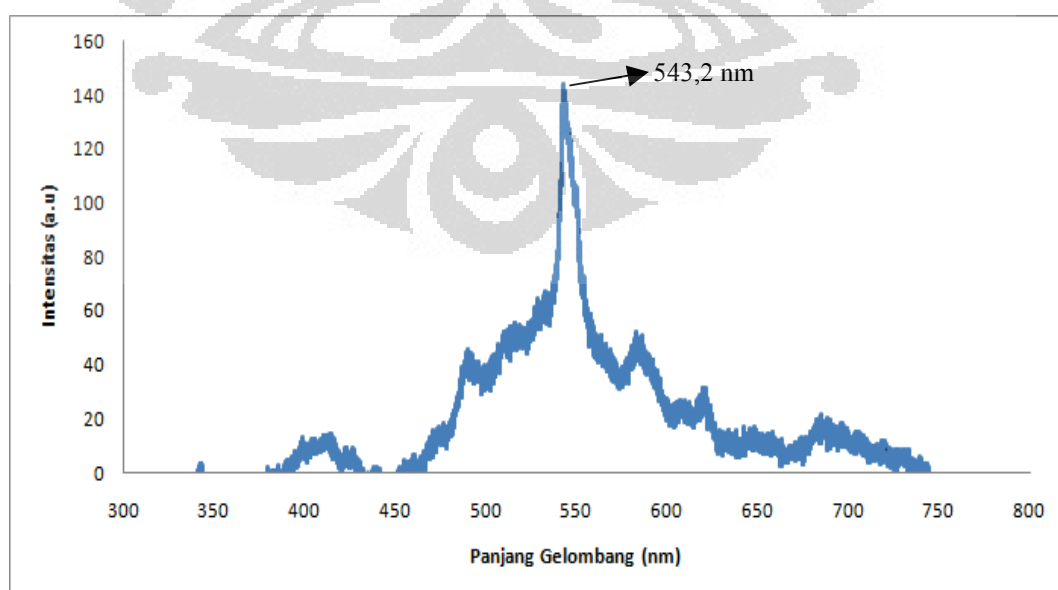
Transisi level Tb(III) terdiri atas beberapa transisi, yaitu $^5D_4 \rightarrow ^7F_J$, dimana $J = 0 - 6$. Salah satu diantaranya adalah transisi $^5D_4 \rightarrow ^7F_6$. Transisi ini juga dapat terlihat pada Gambar 4.2, yaitu pada panjang gelombang (λ) 490 nm dengan nilai intensitas sebesar 1,63. Pada λ 490 nm merupakan transisi karakteristik kedua untuk Tb(III), yaitu transisi $^5D_4 \rightarrow ^7F_6$. Namun, transisi $^5D_4 \rightarrow ^7F_6$ ini tidak sekuat transisi hipersensitifnya. Beberapa transisi level Tb(III)

lainnya memiliki wilayah serapan yang berbeda-beda. Karakter transisi Tb(III) secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Karakter Transisi Level Terbium(III) $^5D_4 \rightarrow ^7F_J$ (Hildebrandt and Lohmannsroben, 2007)

J	Range (nm)	Karakter
6	485 – 500	Medium-kuat, agak sedikit dipengaruhi lingkungan sekitar
5	540 – 555	Sangat kuat, transisi hipersensitif, paling mudah teramati
4	580 – 600	Medium, agak dipengaruhi lingkungan sekitar
3	615 – 625	Lemah-medium, cukup kuat tetapi ada pengaruh lingkungan
2	640 – 655	Lemah, dipengaruhi lingkungan
1	660 – 670	Sangat Lemah, selalu lemah dan sulit diamati
0	675 – 680	Sangat Lemah, selalu lemah dan sulit diamati

Dari beberapa transisi level yang terjadi pada Tb(III) tersebut, pada karakterisasi menggunakan alat spektrofotometer HITACHI F-2000 ini hanya transisi hipersensitif level $^5D_4 \rightarrow ^7F_5$ dan $^5D_4 \rightarrow ^7F_6$ yang dapat terbaca oleh alat. Jenis karakter transisi lainnya tidak diperoleh dalam penelitian ini. Hal ini karena sensitifitas dari alat spektrofotometer yang tidak dapat mengamati transisi level yang lebih rendah intensitasnya.



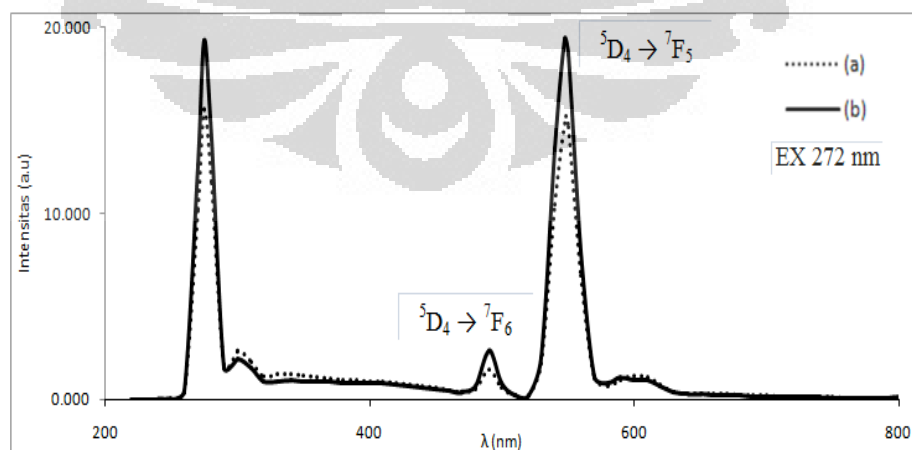
Gambar 4.3 Hasil Karakterisasi Fotopendarcahaya Mikropartikel Tb[EO4-Pic]

Selain dengan spektrofluorometer, sifat optikal dari Tb[EO4-Pic] juga dikarakterisasi dengan fotopendarcahaya atau *photoluminescence*. Hasil karakterisasi fotopendarcahaya diperoleh puncak tajam (*sharp peak*) pada panjang gelombang 543,2 nm yang dapat dilihat pada Gambar 4.3. Dari hasil ini diketahui bahwa mikropartikel yang dihasilkan tetap memiliki sifat optikal seperti kristal besarnya, yaitu memiliki kawasan transisi hipersensitif $^5D_4 \rightarrow ^7F_5$ pada range wilayah kawasan 540 – 555 nm (Hildebrandt and Lohmannsroben, 2007).

4.3 Pengaruh Fabrikasi Mikropartikel ke dalam Matriks Polimer PMMA

Mikropartikel dapat disintesis dari berbagai variasi material, salah satunya sintetik polimer (Mohanraj and Chen, 2006). Fabrikasi mikropartikel Tb[EO4-Pic] ke dalam matriks polimer PMMA mempengaruhi terhadap ukuran partikel dan fluoresensi Tb[EO4-Pic].

Fluoresensi mikropartikel Tb[EO4-Pic] sebelum fabrikasi juga ditampilkan pada Gambar 4.4 garis (a). Fluoresensi mikropartikel Tb[EO4-Pic]/PMMA atau selanjutnya akan disebut dengan komposit Tb[EO4-Pic] dapat dilihat pada Gambar 4.4 garis (b). Terlihat pada Gambar 4.4 garis (b), puncak kurva lebih tinggi. Puncak terjadi pada λ 547 nm dengan nilai intensitas 19,37. Dari data tersebut, λ 547 nm masih merupakan wilayah transisi hipersensitif dari Tb(III) $^5D_4 \rightarrow ^7F_5$. Data lengkap dari karakterisasi komposit Tb[EO4-Pic] dapat dilihat pada Lampiran 4.



Gambar 4.4 Kurva Fluoresensi Mikropartikel Tb[EO4-Pic] 0,002M (a) dan Komposit Tb[EO4-Pic] 0,002M (b)

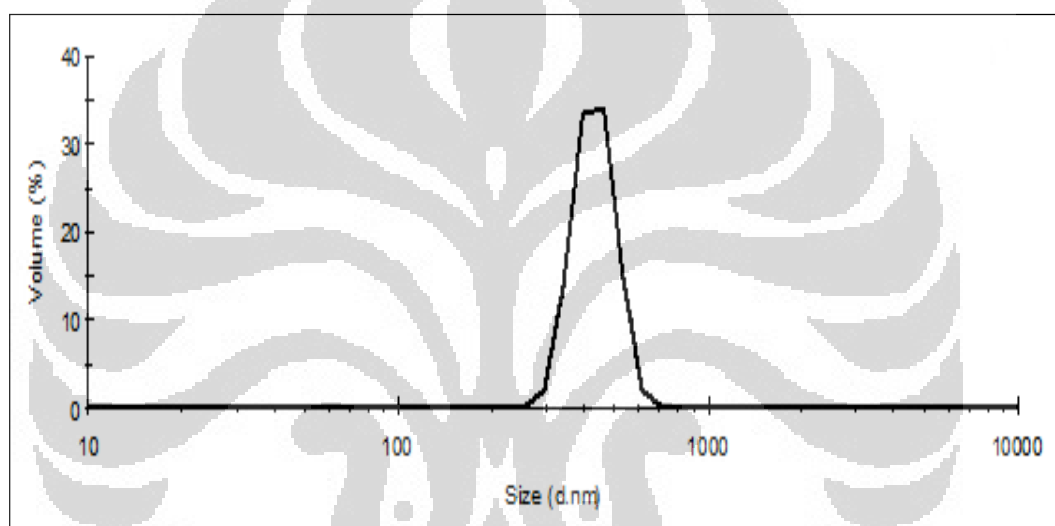
Pengaruh yang dapat diamati adalah dengan fabrikasi mikropartikel Tb[EO4-Pic] ke dalam matriks polimer PMMA membuat intensitas fluoresensi menjadi lebih tinggi. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Quan Li *et al.* pada tahun 2001 yang mengamati kenaikan fluoresensi pada kompleks Europium(III) dan Terbium(III) yang difabrikasikan ke dalam polimer Poly(Vinyl Pyrrolidone) atau PVP. Dengan adanya matriks polimer transisi hipersensitif Tb(III) menjadi lebih kuat.

Hal ini dikarenakan dengan adanya polimer, intensitas transisi *electric dipole* pada transisi hipersensitif Tb(III) $^5D_4 \rightarrow ^7F_5$ menjadi lebih tinggi. Selain itu, dengan adanya matriks polimer, gangguan dari lingkungan sekitar yang dapat mempengaruhi besaran intensitas fluoresensi dapat diminimalisir sehingga membuat nilai energy transfer menjadi lebih besar yang mengakibatkan intensitas fluoresensi Tb[EO4-Pic] menjadi lebih tinggi (Li *et al.*, 2001).

Transisi karakteristik kedua Tb(III) $^5D_4 \rightarrow ^7F_6$ juga tampak pada Gambar 4.4. Untuk komposit Tb[EO4-Pic], transisi ini terjadi pada panjang gelombang 490 nm dengan nilai intensitas sebesar 2,63. Apabila intensitas transisi $^5D_4 \rightarrow ^7F_5$ dengan intensitas transisi $^5D_4 \rightarrow ^7F_6$ dibandingkan, maka akan dapat diperoleh rasio intensitas. Rasio intensitas ini dapat diperoleh dengan membandingkan besarnya nilai intensitas yang dihasilkan pada transisi $^5D_4 \rightarrow ^7F_5$ terhadap $^5D_4 \rightarrow ^7F_6$.

Pada mikropartikel Tb[EO4-Pic], intensitas transisi $^5D_4 \rightarrow ^7F_5$ sebesar 15,19 dan untuk intensitas transisi $^5D_4 \rightarrow ^7F_6$ sebesar 1,63; maka dapat diperoleh rasio intensitas sebesar 9,31. Untuk mikropartikel Tb[EO4-Pic] yang telah difabrikasikan dengan polimer PMMA, intensitas transisi $^5D_4 \rightarrow ^7F_5$ sebesar 19,37 dibandingkan terhadap besarnya intensitas transisi $^5D_4 \rightarrow ^7F_6$ pada mikropartikel Tb[EO4-Pic] sebesar 1,63; maka dapat diperoleh rasio intensitas sebesar 11,87. Hal ini menunjukkan bahwa dengan memfabrikasi mikropartikel Tb[EO4-Pic] ke dalam matriks polimer PMMA akan meningkatkan intensitas fluoresensi dari Tb[EO4-Pic].

Selain mempengaruhi fluoresensi mikropartikel Tb[EO4-Pic], polimer PMMA juga mempengaruhi terhadap ukuran partikel Tb[EO4-Pic] yang telah disintesis sebelumnya dengan metode repesipitasi-penguapan. Sebelum difabrikasi dengan polimer PMMA, ukuran partikel Tb[EO4-Pic] adalah sebesar 191 nm yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 pada pembahasan sebelumnya. Namun, setelah difabrikasi dengan polimer PMMA, walaupun intensitas fluoresensi mikropartikel Tb[EO4-Pic] menjadi lebih kuat, tetapi untuk ukuran partikel yang diperoleh menjadi lebih besar, yaitu 431,8 nm. Hasil karakterisasi PSA dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Data Karakterisasi PSA Komposit Tb[EO4-Pic]

Dari data tersebut dapat diketahui bahwa dengan fabrikasi mikropartikel Tb[EO4-Pic] ke dalam matriks polimer PMMA membuat ukuran partikel menjadi lebih besar. Pada penelitian yang dilakukan perbandingan konsentrasi PMMA dengan kompleks Tb[EO4-Pic] adalah 95% : 5%. Perbandingan ini dipilih untuk menghindari “quenching” pada fluoresensi Tb[EO4-Pic] yang dapat menyebabkan intensitas fluoresensi akan turun (Guilbault, 1990). Oleh karena itu, konsentasi kompleks Tb[EO4-Pic] hanya 5% dari larutan. Tingginya kandungan PMMA dalam larutan menyebabkan terbentuknya aglomerasi mikrostruktur, dimana mengindikasikan bahwa fabrikasi mikropartikel Tb[EO4-Pic] ke dalam matriks polimer PMMA tidak efektif.

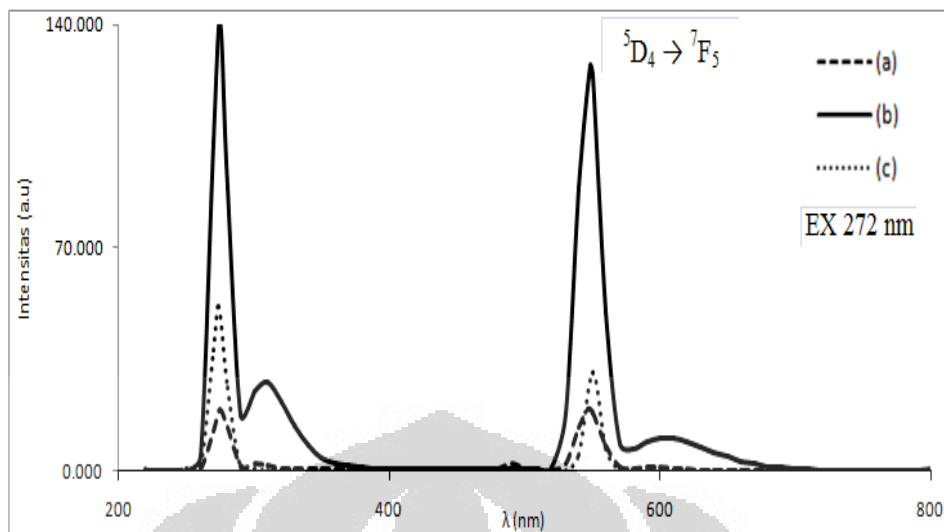
4.4 Pengaruh Substrat sebagai Media Pelapisan (*Coating*) terhadap Fluoresensi

Jenis substrat yang digunakan dapat mempengaruhi sifat atau karakteristik dari suatu lapisan tipis (*thin film*) yang mengandung polietilen (Wang *et al.*, 2006). Pada penelitian ini, pengaruh yang dikarakterisasi adalah fluoresensi komposit Tb[EO4-Pic] yang dilapisi (*coating*) pada substrat yang berbeda.

Substrat yang akan digunakan adalah substrat kaca, aluminum kasar (Al kasar), dan substrat aluminum halus (Al halus). Namun, agar diperoleh hasil pelapisan yang maksimal, kebersihan dari substrat merupakan salah satu parameter penting diperolehnya hasil karakterisasi yang sesuai (Mohajerani *et al.*, 2007). Pelapisan yang dilakukan adalah dengan teknik *spin-coating*. Pelapisan yang dilakukan hanya satu pelapisan dengan kecepatan putaran 100 rpm selama 2 menit.

Hasil penelitian diperoleh susbtrat Al kasar memberikan perubahan intensitas yang signifikan terhadap fluoresensi komposit Tb[EO4-Pic] yang dapat dilihat pada Gambar 4.6 garis (b). Transisi hipersensitif diperoleh pada $\lambda=548$ nm dengan nilai intensitas 127,30. Dengan memperhatikan data hasil penelitian fluoresensi mikropartikel Tb[EO4-Pic] pada Gambar 4.4 garis (a), dimana diperoleh intensitas sebesar 15,19 pada wilayah transisi hipersensitif $^5D_4 \rightarrow ^7F_5$ yang sama, perubahan intensitas pada substrat Al kasar merupakan perubahan intensitas tertinggi.

Hal ini dapat ditunjukkan dengan nilai rasio intensitas transisi $^5D_4 \rightarrow ^7F_5$ terhadap $^5D_4 \rightarrow ^7F_6$. Pada komposit Tb[EO4-Pic] pada substrat kaca, intensitas transisi $^5D_4 \rightarrow ^7F_5$ sebesar 19,37 dan untuk intensitas transisi $^5D_4 \rightarrow ^7F_6$ sebesar 2,63; maka dapat diperoleh rasio intensitas sebesar 7,38. Untuk komposit Tb[EO4-Pic] pada substrat aluminum kasar, intensitas transisi $^5D_4 \rightarrow ^7F_5$ sebesar 127,30 dibandingkan terhadap besarnya intensitas transisi $^5D_4 \rightarrow ^7F_6$ pada komposit Tb[EO4-Pic] pada substrat kaca sebesar 2,63, maka dapat diperoleh rasio intensitas sebesar 48,50. Hal ini menunjukkan bahwa dengan melapisi komposit Tb[EO4-Pic] pada substrat aluminum kasar akan meningkatkan intensitas fluoresensi yang tertinggi.



Gambar 4.6 Kurva Fluoresensi Komposit Tb[EO4-Pic] 0,002M pada Substrat Kaca (a), Aluminum Kasar (b), dan Aluminum Halus (c) dengan Metode Represipitasi-penguapan

Selain pada substrat Al kasar, kenaikan intensitas juga terjadi pada substrat Al halus, dimana diperoleh transisi hipersensitif Tb(III) pada λ 550 nm dengan nilai intensitas 30,80. Dari data ini, kenaikan rasio intensitas adalah sebesar 11,73. Dari dua jenis substrat aluminum ini dapat diketahui bahwa substrat aluminum dapat memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap fluoresensi komposit Tb[EO4-Pic].

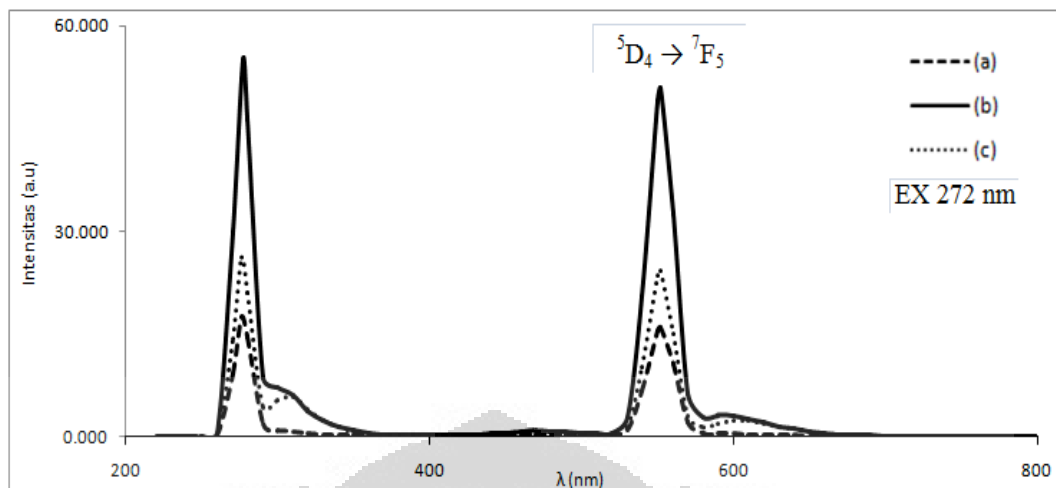
Hal ini disebabkan sifat lapisan silver pada substrat yang dapat meningkatkan fluoresensi pada suatu senyawa kompleks (Ray *et al.*, 2007). Interaksi senyawa kompleks dengan partikel logam / metal dari aluminum yang dapat menghasilkan pencahayaan (*plasmons*) yang menyebabkan fluoresensi dapat meningkat pada wilayah serapan maksimalnya. Hal ini dikenal dengan mekanisme *metal-enhanced fluorescence* (MEF). Interaksi elektromagnetik alami yang terjadi antara partikel logam / metal dengan senyawa kompleks lebih dominan dibandingkan dengan interaksi kimiawinya yang menyebabkan mekanisme MEF dapat terjadi. Sejauh ini mekanisme MEF telah dilaporkan untuk lapisan silver dan emas. Substrat aluminum merupakan termasuk ke dalam material silver yang harganya lebih murah dibandingkan silver ataupun emas.

Namun, kenaikan intensitas pada substrat Al kasar lebih tinggi dibandingkan kenaikan intensitas pada substrat Al halus. Hal ini dikarenakan *surface roughness* dari substrat juga memberikan pengaruh terhadap fluoresensi yang dihasilkan (Ray *et al.*, 2007). Kekasaran lapisan atau *surface roughness* memberikan jalan untuk terjadinya tabrakan cahaya (*plane waves*) pada lapisan yang membuat radiasi pencahayaan sehingga fluoresensi komposit Tb[EO4-Pic] dapat bertambah. Data lengkap karakterisasi fluoresensi komposit Tb[EO4-Pic] pada substrat aluminium dapat dilihat pada Lampiran 5 dan 6.

4.5 Perbandingan Metode Represipitasi-Penguapan dengan Metode Pencampuran Langsung

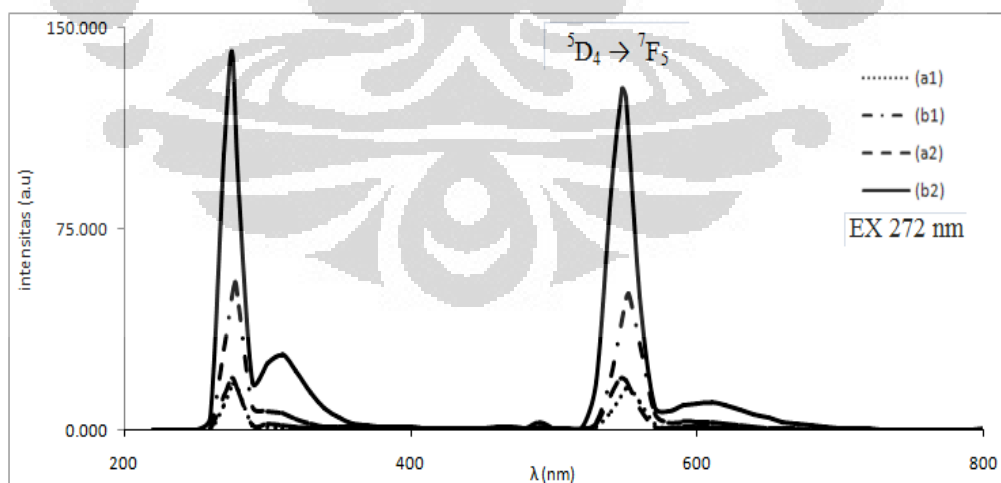
Selain melalui metode represipitasi-penguapan, sintesis mikropartikel Tb[EO4-Pic] juga dilakukan penelitian dengan metode *in situ* atau pencampuran langsung. Perbandingan metode penelitian ini belum pernah dilaporkan sebelumnya. Dalam hal ini komponen – komponen penyusun senyawa kompleks, Tb(NO)₃.6H₂O, tetraetilen glikol (EO4), asam pikrat (HPic), dan polimer PMMA dicampurkan secara langsung. Semua komponen dilarutkan dalam aseton. Perbandingan konsentrasi polimer PMMA dengan komponen penyusun lainnya disamakan dengan metode represipitasi-penguapan, yaitu 95% untuk PMMA dan 5% untuk campuran seluruh komponen penyusun.

Teknik *spin-coating* sama dengan penelitian sebelumnya, yaitu pelapisan satu kali pada kecepatan putaran 100 rpm selama 2 menit dilapisi pada 3 macam substrat yang berbeda. Hasil penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.7. Karakterisasi fluoresensi juga dilakukan pada panjang gelombang 272 nm untuk memperoleh intensitas fluoresensi emisi maksimal. Sama halnya dengan metode represipitasi-penguapan, intensitas fluoresensi tertinggi diperoleh pada larutan yang dilapisi pada substrat aluminium kasar. Intensitas yang diperoleh sebesar 50,86 pada λ 552 nm. Besarnya intensitas ini tidak sebesar nilai intensitas komposit Tb[EO4-Pic] pada substrat aluminium kasar dengan metode represipitasi-penguapan.



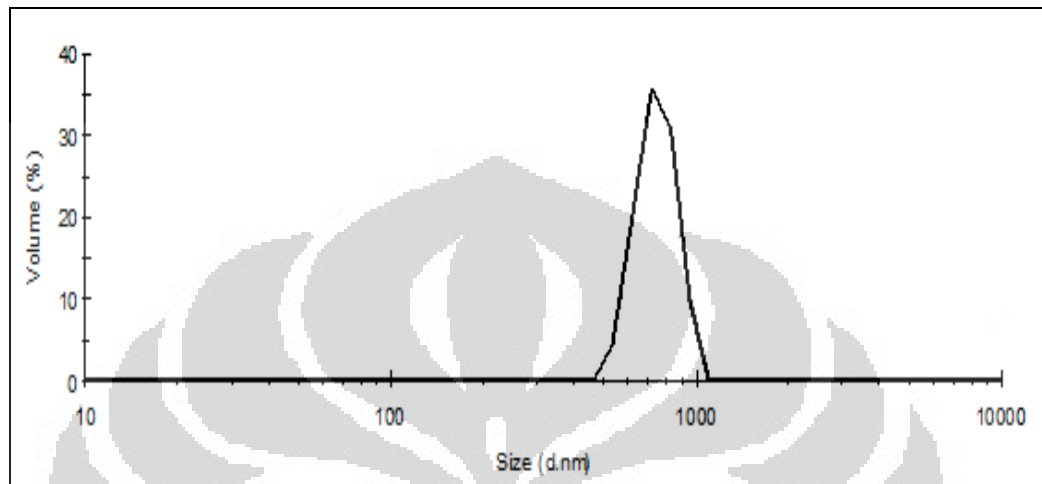
Gambar 4.7 Kurva Fluoresensi Komposit Tb[EO4-Pic] 0,002M pada Substrat Kaca (a), Aluminum Kasar (b), dan Aluminum Halus (c) dengan Metode *In situ*

Kurva perbandingan fluoresensi antara metode represipitasi-penguapan dengan metode *in situ* dapat dilihat pada Gambar 4.8. Terlihat bahwa dengan metode represipitasi-penguapan, baik pada substrat aluminum kasar (Gambar 4.8 garis b2) maupun pada substrat kaca (Gambar 4.8 garis a2) memiliki nilai intensitas lebih tinggi dibandingkan dengan metode *in situ* pada jenis substrat yang sama.



Gambar 4.8 Kurva Perbandingan Fluoresensi Komposit Tb[EO4-Pic] 0,002M dengan Metode *In situ* pada Substrat Kaca (a1) dan Aluminum Kasar (b1) dan dengan Metode Represipitasi-penguapan pada Substrat Kaca (a2) dan Aluminum Kasar (b2)

Selain itu, dengan metode *in situ* juga diperoleh ukuran partikel komposit Tb[EO4-Pic] yang lebih besar, yaitu diperoleh ukuran partikel sebesar 745,2 nm yang dapat dilihat pada Gambar 4.9. Hal ini menunjukkan aglomerasi mikrostruktur lebih besar terjadi dengan metode *in situ*.



Gambar 4.9 Data Karakterisasi PSA Komposit Tb[EO4-Pic] dengan Metode *In situ*

BAB 5 KESIMPULAN

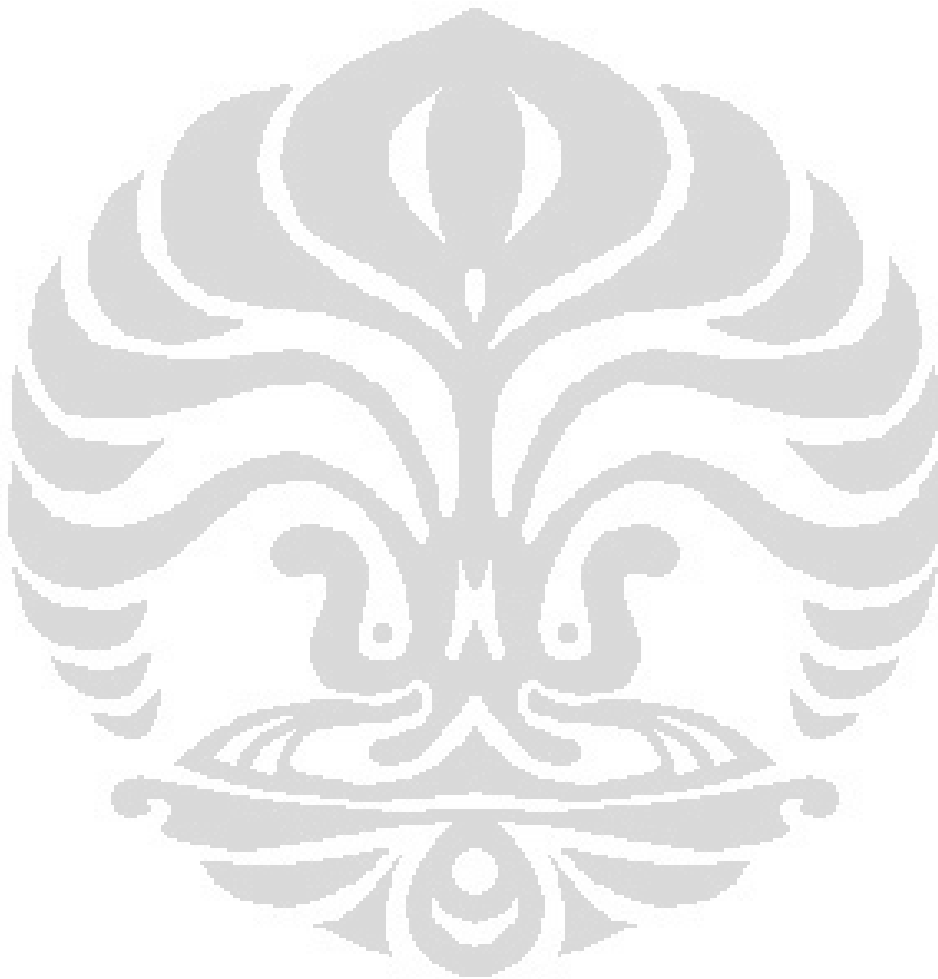
5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan penelitian yang telah dilakukan diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Dengan metode reprecipitasi-penguapan, dapat disintesis mikropartikel Tb[EO4-Pic] dengan ukuran partikel sebesar 191,0 nm.
2. Karakteristik fluoresensi mikropartikel Tb[EO4-Pic] memiliki wilayah transisi $^5D_4 \rightarrow ^7F_5$ pada $\lambda=548$ nm (wilayah transisi hipersensitif) dan wilayah transisi $^5D_4 \rightarrow ^7F_6$ pada $\lambda=490$ nm.
3. Fabrikasi mikropartikel Tb[EO4-Pic] menjadi mikrokomposit Tb[EO4-Pic] dengan konsentrasi PMMA 95% berat membuat ukuran partikel lebih besar, yaitu 431,8 nm, tetapi dengan adanya polimer, fluoresensi Tb[EO4-Pic] meningkat. Hal ini ditunjukkan oleh peningkatan rasio intensitas $^5D_4 \rightarrow ^7F_5$ terhadap $^5D_4 \rightarrow ^7F_6$ dari 9,31 menjadi 11,87.
4. Jenis substrat yang digunakan sebagai media pelapisan memiliki pengaruh terhadap fluoresensi Tb[EO4-Pic]. Substrat aluminium kasar menunjukkan kenaikan rasio intensitas $^5D_4 \rightarrow ^7F_5$ terhadap $^5D_4 \rightarrow ^7F_6$ tertinggi, yaitu dari 7,38 menjadi 48,50.
5. Dengan metode *in situ* atau pencampuran langsung untuk konsentrasi PMMA yang sama, diperoleh ukuran partikel sebesar 745,2 nm, sedangkan dengan metode reprecipitasi-penguapan diperoleh ukuran partikel sebesar 431,8 nm. Fluoresensi tertinggi diperoleh pada substrat aluminium kasar, baik dengan metode reprecipitasi-penguapan maupun metode *in situ*. Hal ini disebabkan oleh adanya interaksi partikel logam dengan kompleks Tb[EO4-Pic] dan kekasaran permukaan pada substrat aluminium kasar.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan variasi konsentrasi dan jenis polimer agar tidak terjadi aglomerasi. Variasi pelarut dan suhu juga perlu dilakukan pada penelitian selanjutnya agar sifat optikal dari kompleks Tb[EO4-Pic] dan komposisinya dapat dipelajari lebih lanjut. Selain itu, dapat dilakukan penelitian terhadap mikropartikel kompleks Tb[EO4-Pic] sebagai bahan pemancar untuk aplikasi Fotosensor.

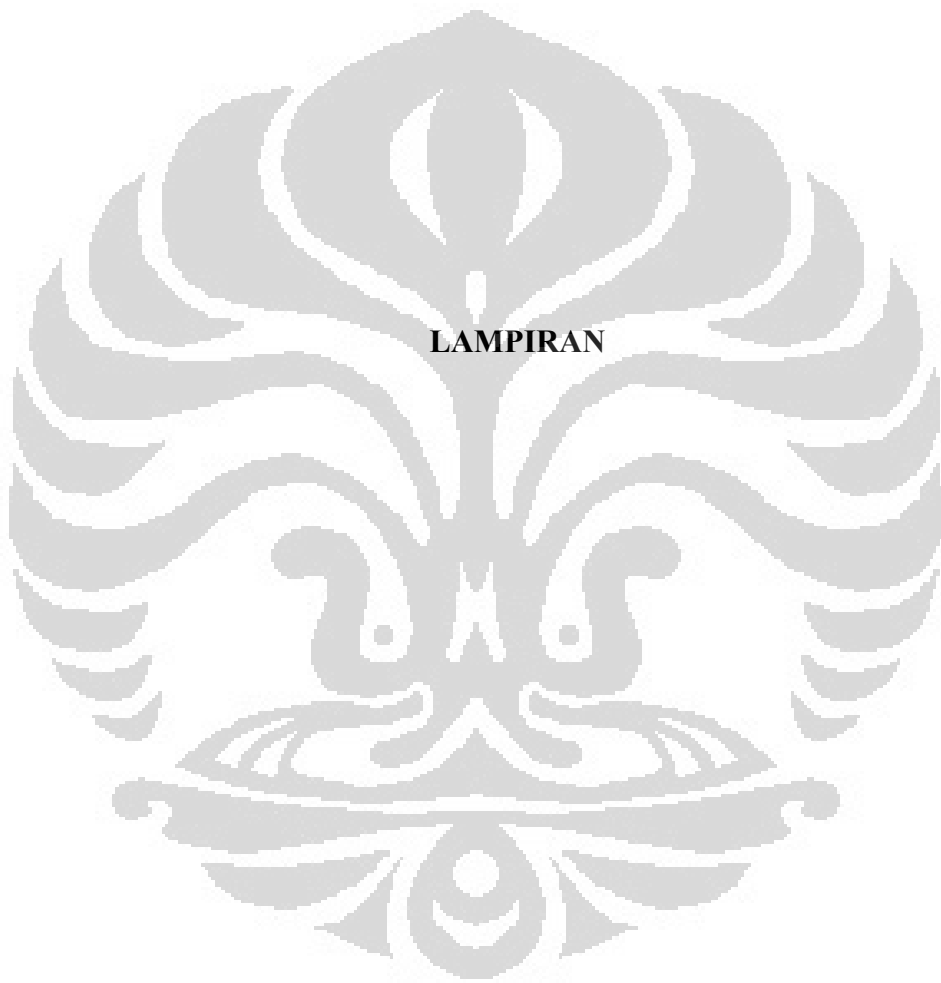


DAFTAR PUSTAKA

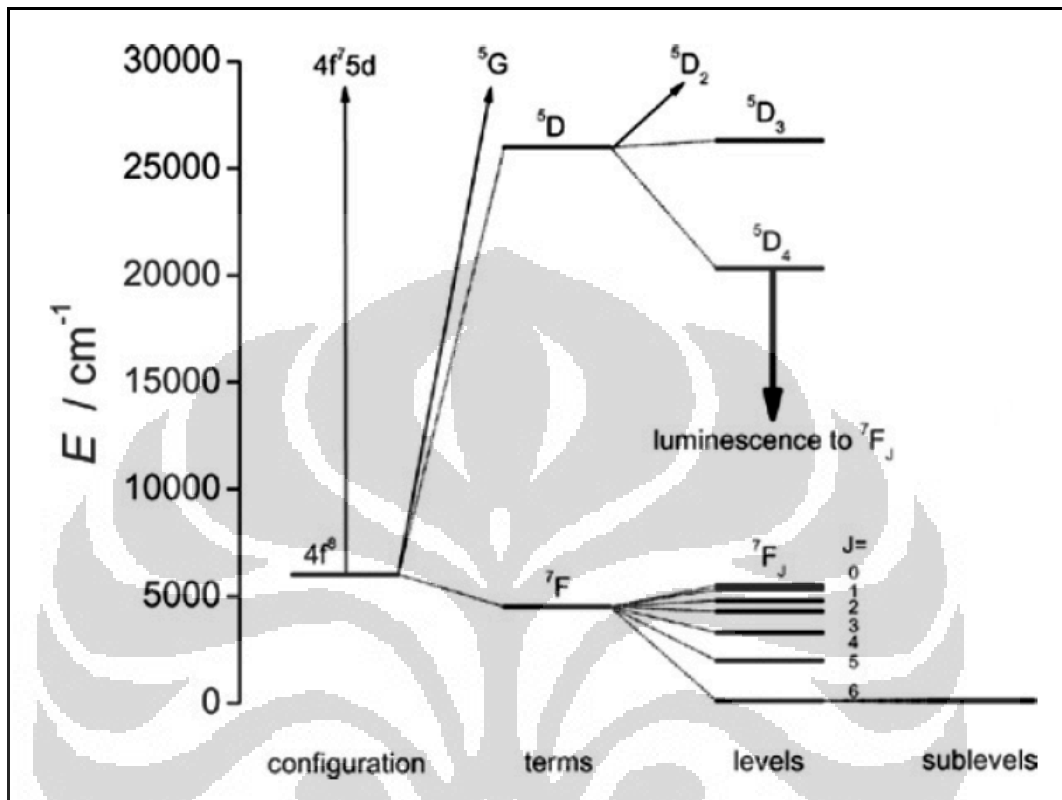
- Beatty, R. 2008. "The Lanthanides (Elements)". Marshall Cavendish Corporation, New York, 4 – 28.
- Bunzli, Jean-Claude G., Choppin, G. R. 1989. "Lanthanide Probe in Life, Chemical and Earth Sciences Theory and Practice". Elsevier Science Publisher B.V. Netherlands, 219 – 293.
- Bunzli, Jean-Claude G., Piguet, C. 2005. "Taking advantage of luminescent lanthanide ions", *Chem. Soc. Rev.* 34 : 1048 – 1077.
- Bunzli, Jean-Claude G., Chauvin, A.S. 2010. "Lanthanide luminescence efficiency in eight- and nine- coordinate complexes : Role of the radiative lifetime", *Chem. Soc. Rev.*, 2623 – 2633.
- Cotton, S. 2006. "Lanthanide and Actinide Chemistry". *John Wiley & Sons, Ltd.*, The Atrium, Southern Gate, Chichester, England, 1-73.
- Dai, L. 2004. "Polymer Nanostructures", *Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology*, Volume 8, 763 – 790.
- Daiguebonne, C., Kerbellec, N., Guillou, O., Bunzli, J.-C., Gummy, F., Catala, L., Mallah, T., Audebrand, N., Yves, Gerault, Bernot, K., Calves, G. 2008. "Structural and Luminescent Properties of Micro- and Nanosized Particles of Lanthanide Terephthalate Coordination Polymer", *Inorg. Chem.* 47, 3700.
- El-Sayed, M. A. 2001. "Some Interesting Properties of Metals Confined in Time and Nanometer Space of Different Shape", *Acc. Chem. Res.* 34, 257.
- Faulkner, S., Pope, Simon J. A., Burton-Pye, B. P. 2005. "Lanthanide Complexes for Luminescence Imaging Applications", *App. Spec. Rev.*, 40 : 1 – 31.
- Guilbault, G. G. 1990. *Practical Fluorescence*. Modern Monographs in Analytical Chemistry, 1-11.
- Hildebrandt, N., Lohmannsroben, H.-G. 2007. "Quantum Dot Nanocrystals and Supramolecular Lanthanide Complexes – Energy Transfer Systems for Sensitive *In Vitro* Diagnostics and High Throughput Screening in Chemical Biology". *Cur. Chem. Bio.*, I, 167 – 186.

- Holister, P., Weener, J-W., Vas, C. R., Harper, T. 2003. "Nanoparticles". Cientifica. USA, 304 – 310.
- Hou, Z., Chai, R., Zhang, M., Zhang, C., Chong, P., Xu, Z., Li, G., and Lin, J. 2009. "Fabrication and Luminescence Properties of One-Dimensional $\text{CaMoO}_4:\text{La}^{3+}$ (Ln=Eu, Tb, Dy) Nanofibers via Electrospinning Process". *Langmuir Artc*, 25 (20), 12340 – 12348.
- Kasai, H., Nalwa, H. S., Oikawa, H., Okada, S., Matsuda, H., Minami, N., Kakuda, A., Ono, K., Mukoh, A., Nakanishi, H. 1992. "Size-Dependent Colors and Luminescences of Organic Microcrystals", *Jpn. J. Appl. Phys.* 31, 1132.
- Kusrini, E., Saleh, M.I., Lecomte, C. 2009. "Coordination of Ce(III) and Nd(III) with pentaethylene glycol in the presence of picrate anion: Spectroscopic and X-ray structural studies", *Spectrochim. Acta Part A* 74, 120.
- Kusrini, E., Saleh, M.I. 2009. "Luminescence and structural studies of yttrium and heavier lanthanide-picrate complexes with pentaethylene glycol", *Inorg. Chim. Acta*, 362, 4025.
- Li, Q., Li, T., Wu, J. 2001. "Luminescence of Europium(III) and Terbium(III) Complexes Incorporated in Poly(Vinyl Pyrrolidone) Matrix", *J. Phys. Chem. B* 105, 12293.
- Mohajerani, E., Farajollahi, F., Mahzoon, R., Bagheri, S. 2007. "Morphological and Thickness Analysis for PMMA Spincoated Films". *J. Opto. and Adv. Mat.*, Vol. 9 (12), 3901 – 3906.
- Mohanraj, V. J., Chen. Y. 2006. "Nanoparticles – A Review", *Trop. J. Pharma. Res.*, 5 (1), 561 – 573.
- Oikawa, H., Oshikiri, T., Kasai, H., Okada, S., Tripathy, S. K., Nakanishi, H. 2000 "Various Types of Polydiacetylene Microcrystals Fabricated by Reprecipitation Technique and Some Applications", *Polym. Adv. Technol.* 11, 783.
- Okuyama, K., Wang, W.-N., Iskandar, F. 2007. "Technology Innovation in the Nanoparticle Project – Synthesis of Nanoparticles and Nanocomposites". *KONA* No. 25, 237 – 243.
- Pourjavid, M. R., Norouzi, P., Ganjali, M. R. 2009. "Light Lanthanides Determination by Fast Fourier Transform Continuous Cyclic Voltametry

- after Separation by Ion-exchange Chromatography”, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 4, 923 – 942.
- Ray, K., Chowdhury, M. H., Lakowicz, J. R. 2007. ”Aluminum Nanostructured Film as Substrates for Enhanced Fluorescence in the Ultraviolet-Blue Spectral Region”. *Anal. Chem.*, 79, 6480-6487.
- Saleh, M.I., Kusriani, E., Sarjidan, M.A. Mohd., Majid, W.H. Abd. 2010. “Study and fabrication of europium picrate triethylene glycol complex”, *Spectrochim. Acta Part A*, 52 – 58.
- Saleh, M.I., Kusriani, E., Sarjidan, M.A. Mohd., Majid, W.H. Abd. 2010. “Study and fabrication of terbium picrate tetraethylene glycol complex”, *Spectrochim. Acta Part A*, Submitted.
- Simon, A., Mattausch, H., Ryazanov, M., Kremer, R. K. 2006. ”Lanthanides as d Metals”, *Z. Anorg. Allg. Chem*, 632, 919 – 929.
- Wang, Y., Rafailovich, M., Sokolov, J., Gersappe, D., Araki, T., Zou, Y., Kilcoyne, A. D. L., Ade, H., Marom, G., Lustiger, A. 2006. ”Substrate Effect on the Melting Temperature of Thin Polyethylene Films”. *Phy. Rev. Letters*. 028303, 1 – 4.
- Zhao, Y-L., Hu, L., Gruner, G., Stoddart, J. F. 2008. “A Tunable Photosensor”, *J. AM. Chem. Soc.* 130, 16996 – 17003.

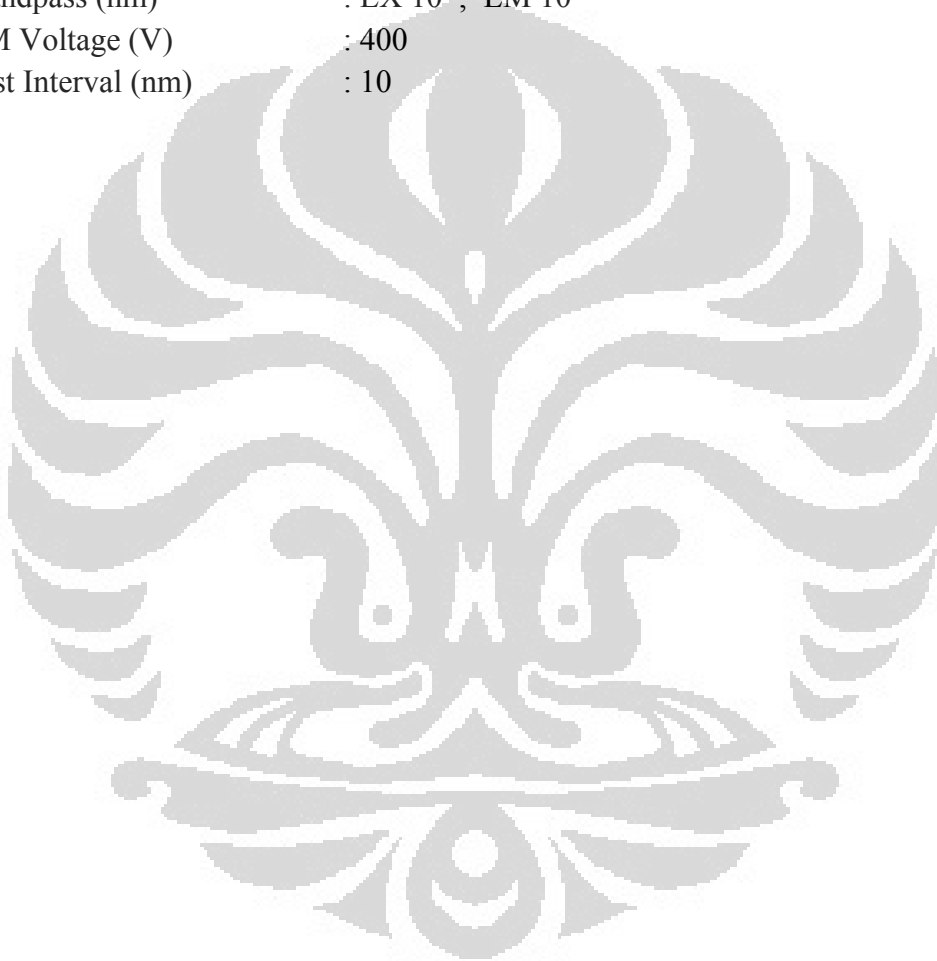


Lampiran 1. Diagram Parsial Energi Terbium(III)



Lampiran 2. Spesifikasi Alat Spektrofluorometer HITACHI F-2000

EX Start WL (nm)	: 220
EX Stop WL (nm)	: 800
EM Start WL (nm)	: 220
EM Stop WL (nm)	: 800
Scan Speed (nm/min)	: 240
Display Format	: Overlay
Response (sec)	: 2
Bandpass (nm)	: EX 10 ; EM 10
PM Voltage (V)	: 400
List Interval (nm)	: 10



Lampiran 3. Data Fluoresensi Nanopartikel Tb[EO4-Pic] Sebelum Fabrikasi PMMA

λ (nm)	I (a.u)	lanjutan..	
λ (nm)	I (a.u)	λ (nm)	I (a.u)
220	0,008	510	0,236
230	0,022	520	0,227
240	0,017	530	1,973
250	0,017	540	10,490
260	0,426	548	15,190
270	10,220	550	14,620
275	15,600	560	6,648
280	11,640	570	1,152
290	1,735	580	0,731
300	2,628	590	1,082
310	2,008	600	1,268
320	1,221	610	1,188
330	1,331	620	0,782
340	1,392	630	0,407
350	1,303	640	0,337
360	1,210	650	0,323
370	1,106	660	0,310
380	1,037	670	0,286
390	1,004	680	0,266
400	0,997	690	0,237
410	0,976	700	0,209
420	0,881	710	0,182
430	0,793	720	0,160
440	0,715	730	0,143
450	0,605	740	0,131
460	0,503	750	0,117
470	0,409	760	0,101
480	0,576	770	0,084
490	1,632	780	0,074
500	0,608	790	0,078
		800	0,111

Lampiran 4. Data Fluoresensi Nanopartikel Tb[EO4-Pic] Setelah Fabrikasi PMMA

λ (nm)	I (a.u)	lanjutan..	
λ (nm)	I (a.u)	λ (nm)	I (a.u)
220	0,014	510	0,245
230	0,019	520	0,230
240	0,017	530	2,302
250	0,031	540	13,530
260	0,509	547	19,370
270	12,630	550	18,510
275	19,280	560	7,940
280	13,970	570	1,236
290	1,710	580	0,860
300	2,189	590	1,169
310	1,673	600	1,080
320	0,992	610	1,016
330	0,998	620	0,749
340	1,007	630	0,383
350	0,987	640	0,278
360	0,938	650	0,275
370	0,929	660	0,244
380	0,906	670	0,227
390	0,902	680	0,209
400	0,908	690	0,174
410	0,862	700	0,167
420	0,796	710	0,135
430	0,711	720	0,138
440	0,632	730	0,120
450	0,553	740	0,109
460	0,461	750	0,107
470	0,383	760	0,089
480	0,723	770	0,091
490	2,625	780	0,069
500	0,858	790	0,082
		800	0,111

Lampiran 5. Data Fluoresensi Nanopartikel Tb[EO4-Pic] Setelah Fabrikasi PMMA
Pada Substrat Aluminium Kasar

λ (nm)	I (a.u)	lanjutan..	
λ (nm)	I (a.u)	λ (nm)	I (a.u)
220	0,041	510	0,598
230	0,041	520	1,245
240	0,067	530	18,050
250	0,098	540	88,840
260	4,548	548	127,300
270	102,900	550	123,800
275	141,100	560	49,900
280	88,790	570	8,789
290	17,830	580	7,027
300	24,850	590	9,085
310	28,090	600	10,120
320	21,780	610	10,390
330	14,060	620	9,432
340	8,074	630	7,698
350	4,399	640	5,985
360	2,525	650	4,447
370	1,608	660	3,179
380	1,196	670	2,198
390	1,008	680	1,517
400	0,884	690	1,038
410	0,783	700	0,700
420	0,732	710	0,488
430	0,695	720	0,342
440	0,735	730	0,251
450	0,824	740	0,206
460	0,904	750	0,158
470	0,943	760	0,128
480	0,870	770	0,119
490	0,924	780	0,100
500	0,718	790	0,146
		800	0,537

Lampiran 6. Data Fluoresensi Nanopartikel Tb[EO4-Pic] Setelah Fabrikasi PMMA
Pada Substrat Aluminium Halus

lanjutan..

λ (nm)	I (a.u)	λ (nm)	I (a.u)
220	0,850	510	0,070
230	0,405	520	0,071
240	0,420	530	0,091
250	0,801	540	5,220
260	1,802	550	30,800
270	37,810	560	7,227
274	51,740	570	0,133
280	26,240	580	0,022
290	1,134	590	0,015
300	0,483	600	0,014
310	0,347	610	0,012
320	0,239	620	0,012
330	0,161	630	0,010
340	0,110	640	0,010
350	0,077	650	0,007
360	0,057	660	0,007
370	0,047	670	0,005
380	0,044	680	0,005
390	0,042	690	0,004
400	0,043	700	0,004
410	0,044	710	0,003
420	0,047	720	0,003
430	0,048	730	0,003
440	0,049	740	0,003
450	0,051	750	0,005
460	0,056	760	0,005
470	0,081	770	0,004
480	0,067	780	0,004
490	0,065	790	0,005
500	0,059	800	0,005

Lampiran 7. Data Fluoresensi Nanopartikel Tb[EO4-Pic] Setelah Fabrikasi PMMA
Pada Substrat Kaca Metode Insitu Atau Pencampuran Langsung

lanjutan..

λ (nm)	I (a.u)	λ (nm)	I (a.u)
220	0,033	510	0,237
230	0,015	520	0,223
240	0,013	530	0,969
250	0,021	540	6,672
260	0,210	550	15,470
270	9,235	552	15,950
276	17,570	560	10,550
280	14,480	570	2,040
290	1,861	580	0,443
300	0,931	590	0,423
310	0,851	600	0,425
320	0,587	610	0,391
330	0,410	620	0,329
340	0,291	630	0,253
350	0,225	640	0,190
360	0,187	650	0,134
370	0,158	660	0,108
380	0,135	670	0,083
390	0,130	680	0,085
400	0,131	690	0,057
410	0,132	700	0,048
420	0,134	710	0,040
430	0,147	720	0,037
440	0,172	730	0,032
450	0,222	740	0,031
460	0,295	750	0,028
470	0,389	760	0,031
480	0,346	770	0,028
490	0,339	780	0,025
500	0,279	790	0,019
		800	0,035

Lampiran 8. Data Fluoresensi Nanopartikel Tb[EO4-Pic] Setelah Fabrikasi PMMA Pada Substrat Aluminium Kasar Metode Insitu Atau Pencampuran Langsung

λ (nm)	I (a.u)	lanjutan..	
λ (nm)	I (a.u)	λ (nm)	I (a.u)
220	-0,029	510	0,532
230	0,024	520	0,520
240	0,024	530	2,862
250	0,037	540	20,500
260	0,641	550	49,180
270	29,960	552	50,860
277	55,120	560	32,570
280	46,460	570	6,366
290	8,509	580	2,848
300	7,135	590	3,162
310	6,110	600	3,067
320	3,825	610	2,678
330	2,318	620	2,107
340	1,435	630	1,528
350	0,887	640	1,105
360	0,535	650	0,789
370	0,348	660	0,550
380	0,245	670	0,392
390	0,230	680	0,293
400	0,273	690	0,209
410	0,270	700	0,155
420	0,313	710	0,113
430	0,390	720	0,082
440	0,442	730	0,067
450	0,601	740	0,044
460	0,779	750	0,037
470	0,925	760	0,038
480	0,836	770	0,023
490	0,747	780	0,028
500	0,604	790	0,027
		800	0,080

Lampiran 9. Data Fluoresensi Nanopartikel Tb[EO4-Pic] Setelah Fabrikasi PMMA
Pada Substrat Aluminium Halus Metode Insitu Atau Pencampuran
Langsung

lanjutan..

λ (nm)	I (a.u)	λ (nm)	I (a.u)
220	-0,008	510	0,327
230	0,000	520	0,290
240	0,001	530	1,375
250	0,013	540	10,220
260	0,287	550	23,560
270	14,350	552	24,210
276	26,320	560	15,030
280	21,090	570	2,981
290	4,242	580	1,464
300	5,406	590	1,971
310	5,832	600	2,284
320	4,072	610	2,314
330	2,430	620	1,999
340	1,339	630	1,545
350	0,711	640	1,139
360	0,386	650	0,799
370	0,242	660	0,552
380	0,185	670	0,373
390	0,191	680	0,251
400	0,230	690	0,164
410	0,248	700	0,108
420	0,295	710	0,071
430	0,356	720	0,052
440	0,418	730	0,038
450	0,557	740	0,032
460	0,691	750	0,025
470	0,694	760	0,019
480	0,602	770	0,009
490	0,525	780	0,008
500	0,410	790	0,017
		800	0,042

Lampiran 10. Gambar Alat *Spin coater*

(Posisi Depan)



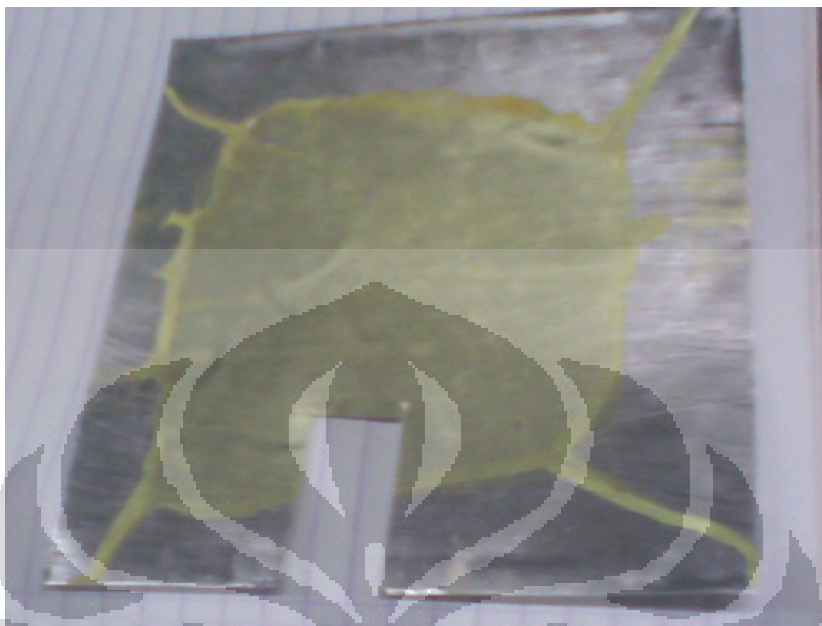
(Posisi Atas)



Lampiran 11. Sampel Tb[EO4-Pic] Pada Substrat Kaca



Lampiran 12. Sampel Tb[EO4-Pic] Pada Substrat Aluminium Kasar



Lampiran 13. Sampel Tb[EO4-Pic] Pada Substrat Aluminium Halus

