

PROSIDING LINO

ISSN: 2502-5279

LOKAKARYA ILMIAH NASIONAL APLIKASI OPTIK DAN FOTONIK (LINO 2015)



Pusat Penelitian Fisika LIPI, Puspiptek Serpong
Tangerang Selatan, 9 – 10 Juni 2015

Dewan Editor:

Dr. Diah Intani (LIPI)
Dr. Maria Margaretha Suliyanti (LIPI)
Dr. Isnaeni (LIPI)
Dr. Yuliati Herbani (LIPI)
Dr. Muhammad Danang Birowosuto (LIPI)
Dr. Husin Alatas (IPB)
Dr. Henri P. Uranus (UPH)

Penyelenggara: 
Pusat Penelitian Fisika – LIPI

Didukung Oleh:



HORIBA
Scientific



PROSIDING LINO
LOKAKARYA ILMIAH NASIONAL APLIKASI OPTIK DAN FOTONIK
(LINO 2015)

9 – 10 Juni 2015

Pusat Penelitian Fisika, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Gedung 442, Komplek Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan, Banten

Dewan Editor:

Dr. Diah Intani (LIPI)
Dr. Maria Margaretha Suliyanti (LIPI)
Dr. Yulianti Herbani (LIPI)
Dr. Isnaeni (LIPI)
Dr. Muhammad Danang Birowosuto (LIPI)
Dr. Husin Alatas (IPB)
Dr. Henri P. Uranus (UPH)

Desain Sampul: Isnaeni

Editor Teknis dan Tata Letak: Kirana Yuniati Putri

Hak cipta © 2016 oleh Pusat Penelitian Fisika – LIPI

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang menyalin, memproduksi dalam segala bentuk, termasuk mem-*fotocopy*, merekam, atau menyimpan informasi, sebagian atau seluruh isi dari buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit.

Diterbitkan oleh:



Pusat Penelitian Fisika
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Gedung 440-442 Kawasan PUSPIPTEK Tangerang Selatan 15314
Telp. (021) 7560570, 7560556 Fax. (021) 7560554
Website : <http://fisika.lipi.go.id>

DAFTAR ISI

Susunan Panitia Lokakarya Ilmiah Nasional Aplikasi Optik dan Fotonik (LINO 2015)	i
Kata Pengantar	ii
Daftar Isi	iii
Daftar Makalah LINO 2015	
I02 Karakterisasi Emisi Unsur Karbon C I 247,8 nm dengan <i>Laser-Induced Breakdown Spectroscopy</i> (LIBS) <i>Hery Suyanto, Nyoman Wendri, Ni Wayan Sariasih, Ni Nyoman Ratini</i>	1
L01 Deteksi Gas Amonia (NH ₃) Pernafasan sebagai <i>Bio-Marker</i> Penyakit Gagal Ginjal dan Sirosis Menggunakan Spektrometer Fotoakustik Laser Berkepekaan Tinggi <i>Mitrayana, M. A. J. Wasono, M. R. Ikhsan</i>	8
L02 Kristal Fotonik Kupu-Kupu <i>P. Ulysses</i> dan Pengaplikasiannya sebagai Sensor Optik <i>Ahmad Novi Muslimin, Isnaeni, Muhammad Danang Birowosuto</i>	16
L04 Pengukuran Pelemahan Daya Gelombang Terahertz di dalam Pandu Gelombang Pipa Plastik Berongga <i>Nurfin Yudasari, Parasian Simbolon</i>	22
L05 Aspek-Aspek Penting pada Penyambungan Fiber Optik Menggunakan <i>Fusion Splicer</i> <i>Tomi Budi Waluyo, Dwi Bayuwati</i>	29
L06 Desain dan Instalasi Pengukur Jarak Antar Kendaraan dengan Laser <i>Sugiono</i>	36
L07 Karakterisasi Elektrik Laser DFB terhadap Arus dan Temperatur <i>Nursidik Yulianto, Bambang Widiyatmoko, Isnaeni, Purnomo Sidi Priambodo</i>	46
L08 Rancang Bangun Sensor Fiber Optik dengan Laser Dioda <i>Ahmad Suaif, Wildan Panji Tresna</i>	55
L09 Pemodelan Generasi Harmonik Tinggi Menggunakan Model Ikal Hiperpolarisasi Non-Linier <i>Hendradi Hardhienata, Husin Alatas</i>	62
L10 Sintesis Nanofosfor dari Tulang Ikan Tuna Teraktivasi Unsur Tanah Jarang dengan Metode Hidrotermal <i>Hisyam, Dinda Yuansa, Aisyah WH, Kurnia Ilah Rahmi, Akhiruddin Maddu</i>	68
L11 Formulasi Matematis untuk Perancangan Sistem Alat Ukur Kendaraan Berjalan (<i>WIM Device</i>) <i>Rini Khamimatul Ula, Thomas Budi Waluyo, Dwi Hanto</i>	74
L13 Analisa Performa EDFA sebagai Penguat Pembangkit Sumber Gelombang Mikro Berbasis <i>Mixing Laser Dioda</i> <i>Iyon Titok Sugiarto, Nursidik Yulianto, Wildan Panji Tresna, Bambang Widiyatmoko</i>	79

L14	Emisi Terstimulasi dari <i>Quantum Dots</i> CdSe yang Dibangkitkan oleh Laser Nd:YAG <i>Nizar Septian, Isnaeni</i>	84
L15	Analisis Rugi Lengkungan Serat Optik Ragam Tunggal (ITU-T G.652A) pada Panjang Gelombang 1600, 1550, 1310, 1050 dan 781 nm untuk Penggunaannya sebagai Sensor Berbasis Rugi Lengkungan <i>Dwi Bayuwati, Tomi Budi Waluyo</i>	90
L16	Kajian <i>Fiber Optic Ring Resonator</i> (FORR) <i>Single Mode Fiber</i> (SMF) Coupling Ratio $\kappa=0.01$ sebagai <i>Head Sensing Fiber Optic Gyroscope</i> <i>Erik Madyo Putro, Sasono Rahardjo, Jonathan Prabowo</i>	97
L17	Pembuatan Sistem Pengolah Data LIBD Akustik Menggunakan Bahasa Pemrograman Digital <i>Kirana Yuniati Putri, Intan Zahar, Isnaeni</i>	102
L18	Pemodelan dan Perhitungan Penguatan Optik pada Medium Gelas yang Di-doping dengan ion Nd^{3+} <i>Okky Fajar Tri Maryana, Rahmat Hidayat</i>	110
L19	Investigasi Porositas Lapisan ZnO Mesopori dengan Spektroskopi Resonansi Plasmon Permukaan <i>Siti Chalimah, Yono Hadi Pramono Herman, Rahmat Hidayat</i>	116
L20	Rancang Bangun <i>Micro Particle Image Velocimetry</i> Berbasis SciLAB <i>Grace Gita Redhyka, Gea Oswah Fatah Parikesit, Kutut Suryopratomo</i>	123
L21	Penumbuhan Film Tipis $\text{Ba}_{0,5}\text{Sr}_{0,5}\text{TiO}_3$ di atas Substrat Si(100) <i>Type p</i> dengan Metode <i>Chemical Solution Deposition</i> (CSD) dan Analisis Sifat Optik <i>Johansah Liman, Budi Harsono, Ade Kurniawan, Johan Iskandar, Eti Rohaeti, Irzaman</i>	131
L22	Sintesis Kuantum Dot dari ZnO Menggunakan Metode Sederhana Sol-Gel <i>Sugianto, Akhiruddin Maddu</i>	136
L23	Penumbuhan Film Tipis $\text{Ba}_{0,5}\text{Sr}_{0,5}\text{TiO}_3$ di atas Substrat <i>Corning Glass 7059</i> dengan Metode <i>Chemical Solution Deposition</i> (CSD) dan Analisis Sifat Optik <i>Budi Harsono, Johansah Liman, Ade Kurniawan, Johan Iskandar, Eti Rohaeti, Irzaman</i>	142
L26	Sifat Optik Kuantum Dot CdSe dan Aplikasinya Pada Lampu LED Berwarna <i>Theresia Okvitawati, Isnaeni</i>	148
L28	Pengaruh Aliran Gas Nitrogen terhadap Pemotongan Material Plastik dengan Laser CO_2 <i>Affi Nur Hidayah, Maria Margaretha Suliyanti</i>	155
L29	Pengaruh Suplai Daya pada Konverter Optik-Listrik terhadap Jangkauan Pembacaan <i>Dwi Hanto, Widodo, Thomas Budi Waluyo</i>	161
L30	Rancang Bangun Alat Ukur Viskositas Oli Sepeda Motor Bebek 4 Tak Menggunakan Laser <i>Qomaruddin, Gatot Budy Prasetyo</i>	168

**PENUMBUHAN FILM TIPIS $Ba_{0,5}Sr_{0,5}TiO_3$ DI ATAS SUBSTRAT Si(100) TYPE-P
DENGAN METODE *CHEMICAL SOLUTION DEPOSITION* (CSD)
DAN ANALISIS SIFAT OPTIK**

**Johansah Liman¹⁾, Budi Harsono¹⁾, Ade Kurniawan²⁾, Johan Iskandar²⁾,
Eti Rohaeti³⁾, Irzaman⁴⁾**

¹⁾Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
Universitas Kristen Krida Wacana, Jakarta, 11470
Email: Johansah@ukrida.ac.id

ABSTRAK

Telah berhasil dibuat film tipis $Ba_{0,5}Sr_{0,5}TiO_3$ di atas substrat Si(100) *type-p* dengan metode Chemical Solution Deposition (CSD) berbantuan *spin coating* berkecepatan putar 3000 rpm selama 30 detik dalam kelarutan 1 M. Film tipis di-*annealing* pada suhu 850 °C selama 22 jam. Analisis sifat optik film tipis yang dilakukan berupa: absorbansi, reflektansi, *energy gap* dan indeks bias dengan alat Ocean Optics USB4000 pada rentang gelombang cahaya tampak (450-750 nm). Analisis *energy gap* menggunakan metode reflektansi menghasilkan nilai *energy gap* sebesar 2,24 eV, sedangkan analisis nilai indeks bias mempunyai kecenderungan makin besar panjang gelombang (λ) semakin tinggi indeks biasnya. Kemampuan absorbansi cahaya oleh BST dengan suhu *annealing*, menyebabkan *energy gap* dianalisis untuk menentukan bahan tersebut bersifat konduktor, semikonduktor atau isolator. Semakin kecil nilai *energy gap* maka celah pita energi (antara pita konduksi dan pita valensi) semakin kecil, sehingga elektron pada pita konduksi lebih mudah melompat (eksitasi) ke pita valensi. Pada makalah ini dilakukan analisis sifat optik film tipis BST di atas substrat Si(100) *type-p*, dalam menentukan *energy gap* dan indeks bias.

Kata Kunci: Film tipis, $Ba_{0,5}Sr_{0,5}TiO_3$, CSD, Si (100) type-p, energy gap

PENDAHULUAN

Ada tiga hal penting yang mendasari pembuatan sensor cahaya berbasis film tipis Barium Strontium Titanate (BST). Pertama, bahan ferroelektrik BST memiliki kepekaan (responsivitas) tinggi terhadap panas dan cahaya, dibanding dengan bahan $LiTaO_3$, $NaNO_2$. Kedua, daerah operasi sensor berada di sekitar suhu kamar dan pembuatannya layak dilakukan di laboratorium sederhana karena tidak memerlukan pendinginan (seperti $HgCdTe$ dengan daerah operasi pada suhu nitrogen cair = 77 K). Ketiga, sensor yang beredar di pasaran pada umumnya dari silikon amorf, sehingga pemikiran pembuatan sensor dalam bentuk kristal dengan bahan ferroelektrik BST sangat potensial untuk dikembangkan.

Pembuatan BST dapat menggunakan peralatan yang cukup sederhana, dengan biaya yang murah dan mampu dilakukan dengan waktu yang relatif singkat. Bahan dari BST ini memiliki potensi untuk menggantikan SiO_2 pada sirkuit Metal Oxide Semikonduktor (MOS) [1, 2].

Di antara bahan *ferroelectric* tersebut, Barium Strontium Titanate (BST) adalah bahan *ferroelectric* yang sangat menarik karena memiliki rugi optik yang rendah, konstanta dielektrik dan kapasitas penyimpanan muatan yang tinggi [1], sehingga dapat digunakan sebagai *Dynamic Ferroelectric Random Acces Memory* (DRAM) dengan kapasitas *piezoelectric* dan *pyroelectric* dengan kapasitas penyimpanan mencapai 1 Gbit [1,2,3,4]. Sifat *piezoelectric* dan *pyroelectric* memungkinkan BST digunakan untuk aplikasi sensor [5]. Sedangkan sifat elektro optiknya dapat diterapkan pada *switch termal* infra merah [1]. Kelebihan-kelebihan BST tersebut menyebabkan BST menjadi pusat penelitian untuk dikembangkan menjadi *device* generasi baru [6].

Pembuatan BST dapat dilakukan dengan teknik, diantaranya *Chemical Solution Deposition* (CSD), *Pulsed Laser Deposition* (PLD), *sputtering* dan *Metallo Organic Chemical Vapour Deposition* (MOCVD) [2,4,6]. *Chemical Solution Deposition* dikenal sebagai suatu metode deposisi film semikonduktor sejak tahun 1869. Metode ini merupakan cara pembuatan film tipis dengan mendeposisikan larutan kimia di atas substrat dan kemudian dipreparasi dengan menggunakan *spin coating* pada kecepatan tertentu. Kelebihan dari metode ini adalah lebih murah, sederhana, suhu rendah, dan proses yang lebih cepat [2,4]. Masalah utama pada metode ini adalah kestabilan larutan, terkadang terjadi endapan selama penyimpanan.

Aplikasi bahan *ferroelectric* untuk peralatan optoelektronika seperti sel surya, fotosensor, sensor warna memerlukan informasi tentang karakteristik optik dari material tersebut, seperti sifat absorbansi dan sifat transmitansi [2]. Pada makalah ini disampaikan hasil penelitian tentang pembuatan lapisan tipis Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO₃ (BST) yang ditetaskan di atas substrat Si (100) *type-p* dengan menggunakan metode *Chemical Solution Deposition* (CSD) yang diikuti dengan proses *spin coating* pada kecepatan 3000 rpm selama 30 detik dan proses *annealing* pada suhu 850 °C selama 22 jam. Film tipis yang dihasilkan kemudian dikarakterisasi sifat optiknya melalui pengukuran nilai absorbansi dan reflektansinya. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis sifat optik film tipis BST di atas substrat Si(100) *type-p*, dalam menentukan energy gap dan indeks bias.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini berupa neraca analitik Sartorius BL6100, *spin coater*, spektroskopi UV-Vis Ocean Optics USB4000, *furnace* Vulcan^{TM-3000}, dan ultrasonik Branson 2510. Sedangkan bahan yang digunakan berupa bubuk barium asetat [Ba(CH₃COO)₂, 99%], strontium asetat [Sr(CH₃COO)₂, 99%], titanium dioksida [TiO₂, 97.999%], dan pelarut 2-metoksi etanol [H₃COCH₂CH₂OH, 99%]. Semua bahan kimia diperoleh dari Sigma Aldrich. Digunakan pula aqua bidest dan substrat Si (100) *type-p*.

Preparasi Film Tipis

Pada penelitian ini digunakan substrat Si(100) *type-p* yang dipotong dengan menggunakan pemotong kaca dengan ukuran 1x1 cm². Substrat tersebut kemudian dicuci dengan menggunakan aqua bidest selama 30 detik.

Pembuatan Larutan Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO₃

Pembuatan larutan BST yang ditumbuhkan pada permukaan substrat Si dilakukan dengan menggunakan metode *Chemical Solution Deposition* (CSD), yaitu dengan mencampurkan barium asetat, strontium asetat dan titanium dioksida dan dilarutkan dalam 2,5 ml 2-metoksi etanol. Fraksi molar Ba adalah 0,5 dan Sr adalah 0,5. Selanjutnya larutan yang sudah dibuat dihomogenisasi dengan ultrasonik selama 90 menit untuk mendapatkan campuran BST yang homogen.

Penumbuhan Film Tipis

Larutan BST selanjutnya ditetaskan pada substrat Si(100) *type-p* dan diputar dengan menggunakan *spin coater* selama 30 detik dengan kecepatan 3000 rpm. Proses pelapisan BST pada substrat Si(100) *type-p* dilakukan 3 kali dengan waktu putar selama 30 detik dan jeda satu menit.

Proses Annealing

Proses *annealing* dilakukan dengan menggunakan *furnace* VulcanTM-3000 yang bertujuan untuk pembentukan kristal larutan BST pada substrat. Proses *annealing* pada substrat Si(100) *type-p* dilakukan pada suhu 850 °C, selama 22 jam dengan kenaikan temperatur 1,67 °C/menit.

Karakterisasi Optik Film Tipis BST

Pengujian absorbansi dan reflektansi dilakukan untuk melihat spektrum serapan film tipis BST. Sumber cahaya yang digunakan adalah cahaya tampak, sedangkan alat yang digunakan dalam karakterisasi ini adalah spektroskopi UV-Vis Ocean Optics USB4000. Spektroskopi yang digunakan dapat mendeteksi sifat absorbansi dan reflektansi film tipis BST. Data yang diperoleh dari hasil pengukuran ini selanjutnya diolah untuk mendapatkan *energy gap* dan indeks bias film BST.

Energy gap diperoleh dengan membuat plotting hubungan antara: $[\ln(R_{max}-R_{min}/R-R_{min})]^2$ terhadap $h\nu$. Ekstrapolasi dilakukan pada kurva yang memiliki gradien tertinggi dan memotong sumbu $h\nu$, nilai yang memotong sumbu $h\nu$ itu disebut *energy gap*. Metode ini dikenal dengan metode reflektansi. Sedangkan indeks bias diperoleh dengan Persamaan (1).

$$n = \frac{(1 + \sqrt{R})}{(1 - \sqrt{R})} \quad (1)$$

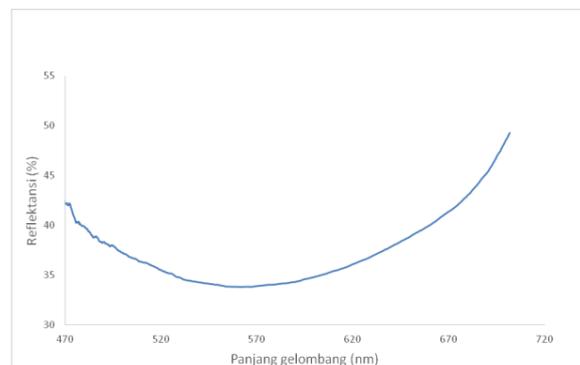
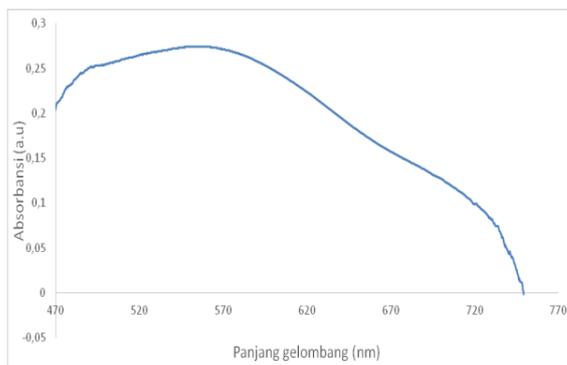
HASIL DAN PEMBAHASAN

Absorbansi

Uji absorbansi dilakukan untuk melihat spektrum serapan BST, yang selanjutnya dijadikan dasar untuk memilih sumber cahaya yang akan digunakan ketika film BST dijadikan sensor, terutama sensor cahaya.

Hasil karakteristik absorbansi pada Gambar 1 menunjukkan bahwa sampel dengan suhu *annealing* 850 °C menyerap cahaya pada rentang 470 nm sampai 750 nm dengan panjang gelombang serapan maksimum pada 550 nm. Panjang gelombang serapan film BST terjadi pada rentang cahaya tampak, sehingga film BST berpotensi untuk dijadikan sensor cahaya tampak.

Gambar 2 menunjukkan kurva reflektansi film BST. Kurva menunjukkan kebalikan dari kurva absorbansi hal ini disebabkan karena semakin banyak cahaya yang diserap, maka cahaya yang dipantulkan akan semakin sedikit. Terlihat reflektansi minimum pada panjang gelombang 550 nm.



Gambar 1. Karakteristik absorbansi film tipis BST pada suhu 850 °C.

Gambar 2. Karakteristik reflektansi film tipis BST pada suhu 850 °C.

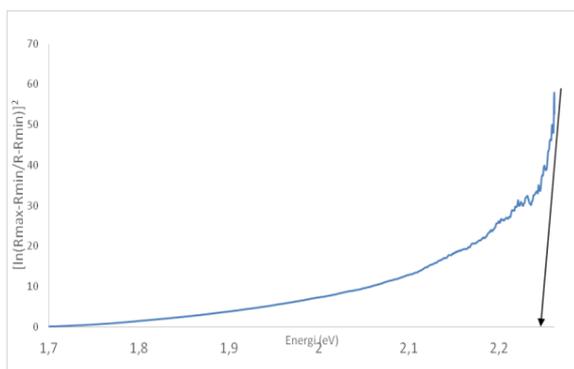
Energy Gap

Energy gap merupakan nilai energi celah antara pita valensi dan pita konduksi. Semakin kecil nilai *energy gap*, maka celah pita energi (antara pita konduksi dan pita valensi) semakin kecil, sehingga elektron pada pita valensi lebih mudah melompat (eksitasi) ke pita konduksi.

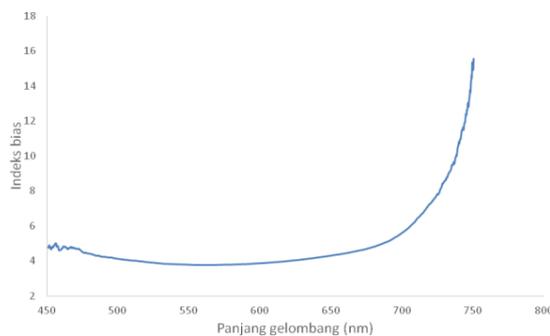
Energy gap diperoleh dengan metode reflektansi. Gambar 3 menunjukkan kurva *energy gap* film BST. Dengan ekstrapolasi pada gradien maksimum, maka akan diperoleh nilai *energy gap*. Film BST yang dibuat memiliki *energy gap* 2,24 eV. Nilai *energy gap* film BST menunjukkan bahwa film BST merupakan semikonduktor.

Indeks Bias

Gambar 4 menunjukkan hubungan indeks bias film BST sebagai fungsi dari panjang gelombang. Nilai indeks bias diperoleh dari Persamaan (1). Grafik yang diperoleh terlihat bahwa indeks bias akan semakin meningkat seiring dengan kenaikan panjang gelombang. Indeks bias minimum sebesar 3,4 pada panjang gelombang 575 nm dan indeks bias maksimum sebesar 15 pada panjang gelombang 750 nm.



Gambar 3. Energy gap film tipis BST pada suhu 850 °C.



Gambar 4. Indeks bias film tipis BST pada suhu 850 °C.

KESIMPULAN

Telah berhasil dibuat film tipis $\text{Ba}_{0,5}\text{Sr}_{0,5}\text{TiO}_3$ (BST) yang ditumbuhkan di atas substrat Si(100) *type-p* dengan metode CSD. Analisis *energy gap* menggunakan metode reflektansi menghasilkan nilai *energy gap* sebesar 2,24 eV. Analisis nilai indeks bias mempunyai kecenderungan makin besar panjang gelombang (λ) semakin tinggi indeks biasnya. Hasil uji sifat BST ini sebagai cikal bakal sensor cahaya (aplikasi sebagai saklar).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Hibah Pekerti, Koordinasi Perguruan Tinggi Swasta Wilayah III, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, dengan surat perjanjian pelaksanaan nomor 095/K3/KM/2015.

DAFTAR PUSTAKA

1. J. Liman, B. Harsono, T. T. Rohman, U. Trimukti, M. Khalid, E. Rohaeti, dan Irzaman, "Uji sifat optik film tipis $Ba_{0.55}Sr_{0.45}TiO_3$ di atas substrat *corning glass 7059*," *JFI accepted* (2015).
2. A. Ardian dan Irzaman, "Penerapan film tipis $Ba_{0.25}Sr_{0.75}TiO_3$ (BST) yang didadah fermium oksida sebagai sensor suhu berbentuk mikrokontroler," *Berkala Fisika* **13**(2), C53-C64 (2010).
3. Y. Xin, R. Wei, S. Peng, W. Xiaoqing, dan Y. Xi, "Enhanced tunable dielectric properties of $Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO_3/Bi_{1.5}Zn_{1.0}Nb_{1.5}O_7$ multilayer thin films by a sol-gel process," *Thin Solid Films* **520** (2), pp. 789-792, (2011).
4. A. W. Nuayi, H. Alatas, Irzaman, I. S. Husein, dan M. Rahmat, "Enhancement of photon absorption on $BaXSr_{1-x}TiO_3$ thin-film semiconductor using photonic crystal," *Int. J. Opt.* (2014).
5. M. Enhessari, A. Parviz, K. Ozaee, dan H. H. Abyaneh "Synthesis and characterization of Barium Strontium Titanate (BST) micro/nanostructures prepared by improved methods," *Int. J. Nano Dim.* **2**(2), 85-103 (2011).
6. F. Umar, A. W. Nuayi, R. S. Iskandar, H. Syafutra, H. Alatas, dan Irzaman, "Uji sifat optik pada film tipis $Ba_{0.55}Sr_{0.45}TiO_3$," *Prosiding Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains (SNIPS)*, pp. 280-284 (ITB Bandung, 2013).
7. A. Maddu, *Pedoman Praktikum Eksperimen Fisika II* (Departemen Fisika FMIPA Institut Pertanian Bogor, 2014).
8. Irzaman, H. Syahputra, E. Rancasa, A. W. Nuayi, Tb. G. N. Rahman, dan N. A. Nurzuliah, "The effect of Ba/Sr ratio on electrical and optical properties of $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ ($x=0.25; 0.35; 0.45; 0.55$) thin film semiconductor," *Ferroelectrics* **445**(1), 4-7 (2013).

TANYA JAWAB

1. **Pertanyaan dari Muhammad Dahrul (IPB):** Kegunaan atau aplikasi BST apa saja, dan apakah berdasarkan spectrum serapan dapat digunakan untuk *infrared*?

Jawaban: Sensor BST dapat bekerja dari daerah cahaya tampak sampai *infrared*.

2. **Pertanyaan dari Hisyam (IPB):** Apakah aplikasi BST? Bisa tidak untuk pengecekan gula darah? Jika bisa, sudah pernahkah diuji coba dan ketelitiannya berapa persen?

Jawaban: Aplikasinya berupa sensor cahaya. Untuk deteksi/sensor gula darah bisa, dianalisa dengan spektroskopi sampai dengan *Near Infra Red*. Rencana akan diteliti di kesempatan yang akan datang.