

# FABRIKASI DAN KARAKTERISASI $Ba_{0,9}Sr_{0,1}TiO_3$ MENGGUNAKAN SPEKTROSKOPI IMPEDANSI

Fiki Fahrian\*, Rahmi Dewi, Zulkarnain

Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau  
Kampus Bina Widya, 28293, Indonesia

\*fikifahrian02@gmail.com

## ABSTRACT

This paper investigates a thin film Barium Strontium Titanate (BST) with compositions of  $Ba_{0,9}Sr_{0,1}TiO_3$  by using sol-gel method and it has been annealed at a temperature of  $600^\circ C$  and  $650^\circ C$  in order to get a crystalline structure of BST. BST thin film of the compositions was characterized by using Field Emission Scanning Microscopy (FESEM) and Impedance Spectroscopy. The FESEM showed the thickness of the sample at temperature of  $600^\circ C$  and  $650^\circ C$  were 178.8 nm and 185 nm, respectively. The results of impedance spectroscopy measure were a real impedance ( $Z'$ ) and imaginary impedance ( $Z''$ ). The impedance spectroscopy analysis resulted real impedance and imaginary impedance that showed the area between the interface of sample. The greater frequency, the smaller complex capacitance and dielectric constant and vice versa. The greater annealing temperature, the greater complex capacitance and the dielectric constant. The result of complex capacitance and dielectric constant at a temperature of  $650^\circ C$  were  $7.01 \times 10^{-4}$  F and  $1.57 \times 10^{-3}$ .

Keywords :  $Ba_{0,9}Sr_{0,1}TiO_3$ , impedance spectroscopy, the dielectric constant.

## ABSTRAK

Telah dibuat film tipis dari bahan Barium Strontium Titanat (BST) dengan komposisi  $Ba_{0,9}Sr_{0,1}TiO_3$  menggunakan metode sol-gel dan di *annealing* pada temperatur  $600^\circ C$  dan  $650^\circ C$  untuk mendapatkan struktur kristalin. Film tipis BST dari komposisi tersebut dikarakterisasi menggunakan alat karakterisasi *Field Emission Scanning Microscopy* (FESEM) dan Spektroskopi Impedansi. Dari hasil karakterisasi FESEM diperoleh ketebalan dari film tipis  $Ba_{0,9}Sr_{0,1}TiO_3$  pada temperatur  $600^\circ C$  dan  $650^\circ C$  adalah 178.7 nm dan 185.4 nm. Spektroskopi impedansi menghasilkan nilai impedansi real ( $Z'$ ) dan impedansi imajiner ( $Z''$ ). Hasil analisis impedansi real dan impedansi imajiner menunjukkan daerah antarmuka sampel (*Interface*). Dari hasil impedansi juga diperoleh informasi bahwa semakin besar frekuensi maka semakin kecil kapasitansi kompleks dan konstanta dielektrik, begitu juga sebaliknya. Secara umum semakin besar suhu *annealing* maka nilai kapasitansi dan konstanta dielektriknya akan semakin besar. Nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik pada suhu  $650^\circ C$  adalah  $7,01 \times 10^{-4}$  F dan  $1,57 \times 10^{-3}$ .

Kata kunci :  $Ba_{0,9}Sr_{0,1}TiO_3$ , spektroskopi impedansi, konstanta dielektrik.

## PENDAHULUAN

Material sudah ada sejak zaman dahulu yang merupakan bagian dari integral suatu kultur dan peradaban manusia. Sifat-sifat materialnya bergantung pada struktur integral. Sifat-sifat tersebut akan mempengaruhi kinerja dari suatu material baik proses pembuatan maupun pemakaian (Van, 2004).

Barium Stronsium Titanat dengan rumus kimia  $\text{BrSrTiO}_3$  adalah salah satu material keramik yang menarik untuk diteliti. BST merupakan material ferroelektrik yang termasuk ke dalam jenis *perovskite*. Bahan ini dibentuk dari Barium Titanat ( $\text{BrTiO}_3$ ) yang didoping dengan Strontium (Sr). (Rositawati, 2013).

Barium Stronsium Titanat (BST) merupakan semikonduktor lapisan tipis yang memiliki konstanta dielektrik tinggi, kebocoran arus rendah, dan tahan terhadap tegangan *breakdown* yang tinggi digunakan pada devais sebagai kapasitor. Daerah serapan dari lapisan tipis BST (absorbansi) pada rentang ultraviolet, *visible*, sampai pada *infrared*. Hal tersebut menjelaskan lapisan tipis dapat dipakai sebagai sensor suhu dan cahaya. Lapisan tipis BST telah difabrikasi dengan beberapa teknik seperti *sputtering*, laser *ablation*, dan *sol-gel process* (Badwal 1988).

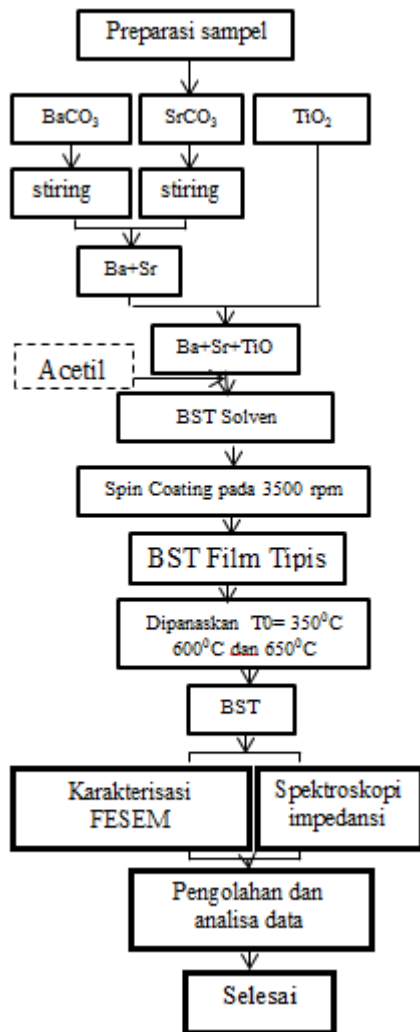
Aplikasi lain dari BST karena mempunyai energi yang tinggi, konstanta dielektrik dan kapasitas penyimpanan yang tinggi dapat digunakan sebagai *Ferroelektrik Random Access Memory* (FRAM) selain itu sifat-sifat hysteresis dan konstanta dielektrik yang tinggi dapat diterapkan pada sel memori *Dynamic Random Access Memory* (DRAM) kapasitas penyimpanan melampaui 1 Gbit. Sifat

piezoelektriknya dapat digunakan sebagai mikroaktuator dan sensor, sifat pyroelektrik dapat diterapkan sebagai *infrared sensor*, sifat *polaryzability* dapat diterapkan sebagai *Non Volatile Ferroelektrik Random Access Memory* (NVRAM), serta sifat *electrooptic* dapat digunakan dalam *switch thermal infrared* (Irzaman dkk, 2010).

Penelitian ini menggunakan bahan ferroelektrik yaitu Barium Strontium Titanat (BST). Ferroelektrik BST telah banyak diteliti sebagai bahan potensial untuk perangkat mikroelektronik. Konstanta dielektrik yang tinggi, kapasitas penyimpanan muatan yang tinggi, serta memiliki stabilitas suhu yang baik, menyebabkan film tipis BST sangat sesuai sebagai bahan pembuatan kapasitor (Jamaluddin dkk, 2011).

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan menggunakan beberapa langkah-langkah penyediaan sampel BST. Pembuatan sampel menggunakan metode Sol-Gel. Sedangkan untuk karakterisasi menggunakan metode impedansi kompleks dan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Bahan-bahan dasar yang digunakan adalah Barium Karbonat ( $\text{BaCO}_3$ ), Stronsium Karbonat ( $\text{SrCO}_3$ ), Titanium Karbonat ( $\text{TiO}_3$ ) buatan Merck dengan kemurnian > 99% digunakan dalam penyediaan sampel yang berbentuk larutan. Untuk mendapatkan karakterisasi sifat dielektrik sampel, pengolahan data pengukuran dilakukan dengan menggunakan ZView 3.20 agar dapat melihat hubungan impedansi kompleks  $Z^*$ , kapasitansi kompleks  $C^*$  dan konstanta dielektrik  $k'$ .

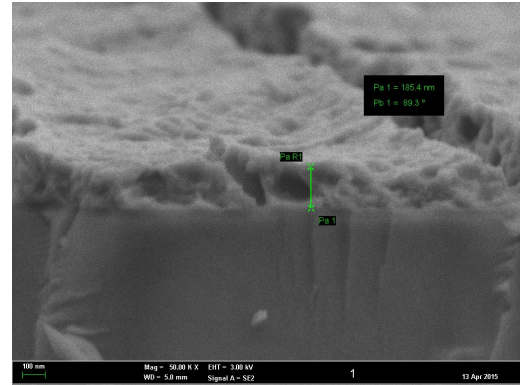


Gambar 1. Diagram alir penelitian yang menunjukkan proses penelitian.

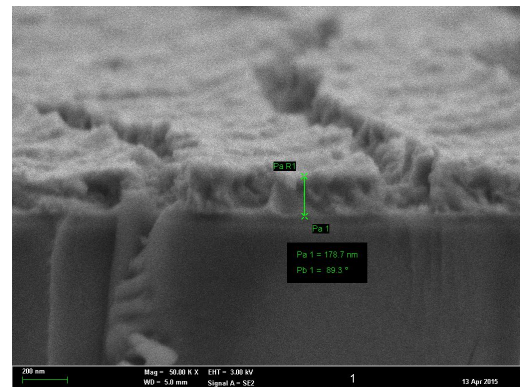
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 2 dan Gambar 3 memperlihatkan bentuk partikel dengan ukuran partikel yang tidak sama pada setiap sampel. Pengaruh dari suhu *annealing* yang berbeda menyebabkan ukuran butiran lebih besar pada suhu yang lebih tinggi. Hasil karakteristik menunjukkan adanya ketebalan, bentuk, ukuran, dan kerapatan partikel dari sampel  $Ba_{0,9}Sr_{0,1}TiO_3$  pada suhu yang berbeda yaitu  $600^{\circ}C$ , dan  $650^{\circ}C$ . Ukuran rata-rata partikel adalah 178.7

nm dan  $185.4$  nm yang telah diannealing pada suhu  $600^{\circ}C$  dan  $650^{\circ}C$  selama 1 jam. Semakin besar suhu maka semakin tebal lapisan BST dan sebaliknya.



Gambar 2. BST yang diannealing pada suhu  $600^{\circ}C$ .

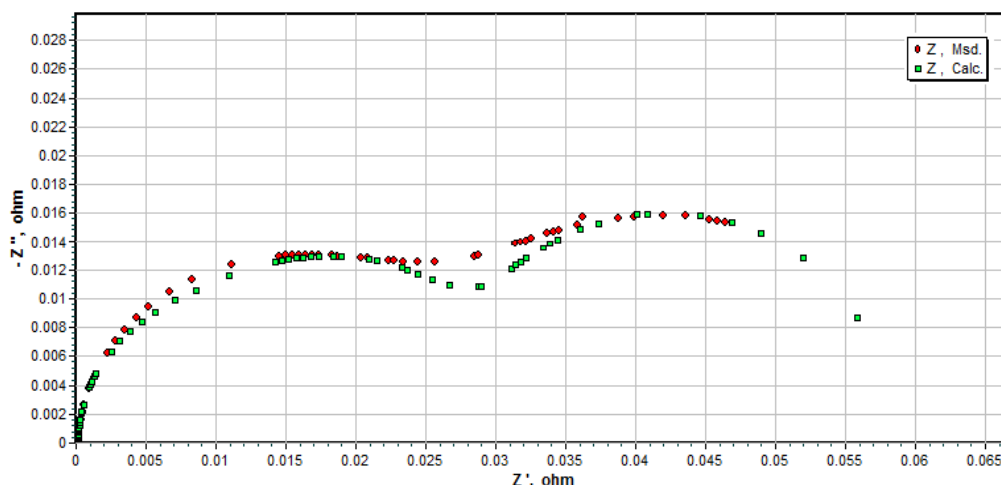


Gambar 3. BST yang diannealing pada suhu  $650^{\circ}C$ .

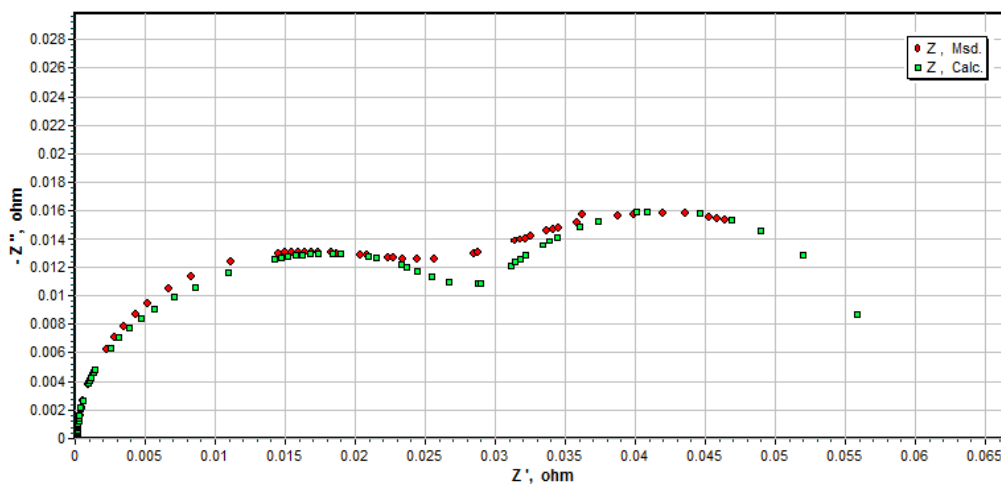
Sifat kelistrikan dari sampel  $Ba_{0,9}Sr_{0,1}TiO_3$  dipengaruhi oleh nilai resistansi dan kapasitansi yang berasal dari butir (*grain*), batas butir (*grain boundary*), dan daerah antara sampel dan substrat. Masing-masing elemen dimodelkan dengan rangkaian listrik yang dinamakan rangkaian ekuivalen. Pada rangkaian ekuivalen masing-masing elemen diwakili oleh resistansi (R), kapasitansi (C) atau kombinasi antara keduanya. Nilai elemen-elemen listrik tersebut dapat diperoleh dengan

memodelkan rangkaian listrik dari *Nyquist plot* ataupun *Bode plot* dengan *fitting* menggunakan program ZsimpWin 3.20. *Fitting* tersebut dilakukan dengan memilih nilai *chi square* dan *prosen error* terkecil dari

dan diperoleh nilai kapasitansi kompleks, maka analisis nilai kapasitansi kompleks terhadap frekuensi *annealing* 600°C dapat dilihat pada Gambar 6 yang menyatakan frekuensi 20 Hz nilai kapasitansi



Gambar 4. Grafik impedansi real dan impedansi imajiner yang di *annealing* 600 °C.

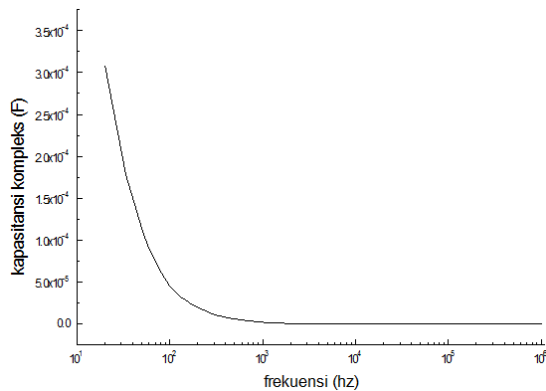


Gambar 5. Grafik impedansi real dan impedansi imajiner yang di *annealing* 600 °C.

rangkaian ekivalen yang dipilih. Setelah dilakukan *fitting* untuk beberapa rangkaian yang tersedia, dipilih rangkaian yang paling cocok dengan model rangkaian.

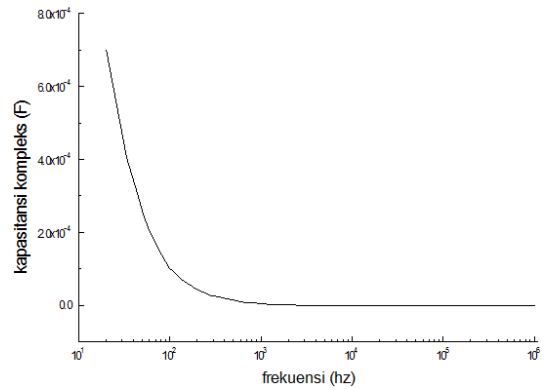
Berdasarkan data hasil karakterisasi yang telah diselesaikan

kompleksnya adalah  $3.09 \times 10^{-4}$  F dan pada 1 MHz, nilai kapasitansi kompleks  $2.03 \times 10^{-11}$  F. Semakin besar frekuensi yang diberikan maka semakin kecil nilai kapasitansi kompleksnya.



Gambar 6. Kapasitansi kompleks dan frekuensi film tipis  $Ba_{0.9}Sr_{0.1}TiO_3$  annealing  $600^{\circ}C$ .

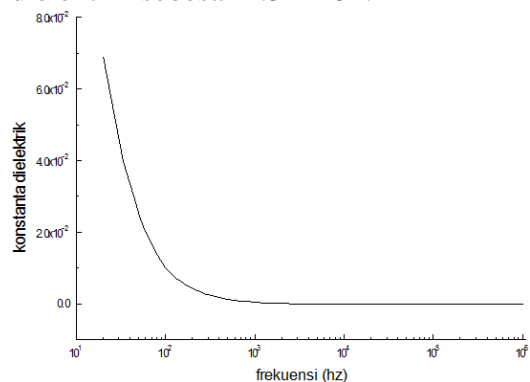
Bahan  $Ba_{0.9}Sr_{0.1}TiO_3$  annealing  $650^{\circ}C$  dapat dilihat pada Gambar 7, yang menunjukkan pada frekuensi 20 Hz nilai kapasitansi kompleks adalah  $7.01 \times 10^{-4}$  F dan nilai pada frekuensi 1 MHz adalah  $4,60848 \times 10^{-11}$  F. Semakin besar frekuensi yang diberikan maka semakin kecil nilai kapasitansi kompleksnya. Sebaliknya semakin kecil frekuensi yang diberikan maka nilai kapasitansi kompleksnya semakin besar. Proses annealing sampel  $Ba_{0.9}Sr_{0.1}TiO_3$  pada suhu yang berbeda  $600^{\circ}C$  dan  $650^{\circ}C$  mempengaruhi nilai dari kapasitansi kompleks pada tiap frekuensi. Semakin besar annealing diberikan pada sampel  $Ba_{0.9}Sr_{0.1}TiO_3$  maka semakin besar nilai kapasitansi kompleksnya. Arus yang diberikan pada pengukuran spektroskopi impedansi adalah arus AC. Arus AC berbanding lurus dengan frekuensi, semakin besar frekuensi maka semakin besar arus yang mengalir, begitu sebaliknya. Arus yang besar menyebabkan resistansinya menjadi kecil. Impedansi merupakan nilai resistansi kompleks dari suatu rangkaian listrik sebagai respon terhadap tegangan listrik AC yang diberikan pada rangkaian tersebut.



Gambar 7. Kapasitansi kompleks dan frekuensi film tipis  $Ba_{0.9}Sr_{0.1}TiO_3$  annealing  $650^{\circ}C$ .

Hasil foto karakterisasi SEM dan hasil karakterisasi spektroskopi kemudian digunakan untuk perhitungan konstanta dielektrik. Selanjutnya diperoleh nilai konstanta dielektrik pada masing-masing annealing yaitu  $600^{\circ}C$  dan  $650^{\circ}C$ .

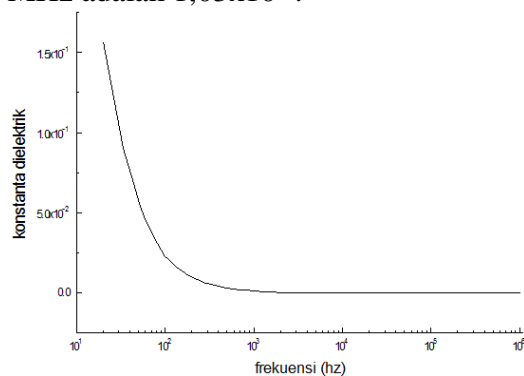
Gambar 8 menunjukkan grafik konstanta dielektrik terhadap frekuensi bahan  $Ba_{0.9}Sr_{0.1}TiO_3$  annealing  $600^{\circ}C$ . Frekuensi 20 Hz nilai konstanta dielektrik adalah  $6.9 \times 10^{-2}$ , kemudian seiring dengan kenaikan frekuensi nilai menurun pada frekuensi tertinggi yaitu pada 1 MHz dengan nilai konstanta dielektrik sebesar  $4.54 \times 10^{-9}$ .



Gambar 8. Grafik konstanta dielektrik terhadap frekuensi pada suhu annealing  $600^{\circ}C$ .

Gambar 9 menunjukkan grafik konstanta dielektrik terhadap frekuensi

bahan  $Ba_{0.9}Sr_{0.1}TiO_3$  *annealing*  $650^\circ C$ . Pada frekuensi 20 Hz nilai konstanta dielektrik adalah  $1.57 \times 10^{-1}$  dan nilai konstanta dielektrik pada frekuensi 1 MHz adalah  $1,03 \times 10^{-8}$ .



Gambar 9. Grafik konstanta dielektrik terhadap frekuensi pada suhu *annealing*  $650^\circ C$ .

## KESIMPULAN

Sifat kelistrikan sampel  $Ba_{0.9}Sr_{0.1}TiO_3$  dipengaruhi oleh nilai resistansi dan kapasitansi yang berasal dari butir (*grain*), batas butir (*grain boundary*), dan daerah antara sampel dan substrat. Kapasitansi kompleks dipengaruhi oleh frekuensi. Semakin besar frekuensi yang diberikan pada sampel  $Ba_{0.9}Sr_{0.1}TiO_3$  maka semakin kecil nilai kapasitansi kompleksnya. Nilai kapasitansi kompleks juga dipengaruhi oleh *annealing*. Nilai kapasitansi kompleks yang di *annealing* pada  $600^\circ C$  lebih kecil dari pada nilai kapasitansi kompleks yang di *annealing* pada  $650^\circ C$ , nilai masing-masing kapasitansi kompleks pada frekuensi 20 Hz adalah  $3.09 \times 10^{-4}$  F dan  $7.01 \times 10^{-4}$  F, sedangkan pada frekuensi 1 MHz nilai kapasitansi kompleks adalah  $2.03 \times 10^{-11}$  F dan  $4,60848 \times 10^{-11}$  F. Konstanta dielektrik dipengaruhi oleh nilai frekuensi, semakin besar nilai frekuensi yang diberikan maka semakin kecil konstanta dielektrik dan begitu juga sebaliknya. Konstanta dielektrik juga

dipengaruhi oleh suhu *annealing*, konstanta dielektrik pada suhu  $600^\circ C$  lebih kecil dibandingkan pada suhu  $650^\circ C$ . Nilai masing-masing konstanta dielektrik pada frekuensi 20 Hz adalah  $6.9 \times 10^{-2}$  dan  $1.57 \times 10^{-1}$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- Badwal, S.P.S. 1988. Impedance spectroscopy and microstructural studies on material for solid state electrochemical devices. Solid State Ionic Devices. Ed B.V.R. Chowdari & S. Radakrishna, Singapore: World Scientific Publ: 125.
- Irzaman., Erviansyah, R, Syaputra, H., Maddu, A., Siswadi. 2010. Studi Konduktivitas Listrik Film Tipis Barium Strontium Titanat (BST) yang Didadah Ferium Oksida (BFST) Menggunakan Metode Chemical Solution Deposition (CSD). *Jurnal Berkala Fisika* ISSN: 33-38.
- Jamaluddin, A., Anif, J. Iriani, Y., Yofertina, S., Sri, B. 2011. Pembuatan Prototipe Sensor Cahaya Menggunakan Bahan Ferroelektrik BST. *Jurnal Sains dan Materi Indonesia* ISSN: 1411-1098.
- Rositawati, Nugraheni, D. 2008. Pengaruh Temperatur dan waktu *Sintering* dan *Annealing* Terhadap Spektroskopi Impedansi  $Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO_3$ . *Tesis. Departemen Fisika, Universitas Indonesia: Jakarta*.
- Van, V. L. H. 2004. *Elemen-elemen Ilmu dan Rekayasa Material*. Terjemahan Djaprie. Penerbit Erlangga: Jakarta.

