

**DEPOSISI FILM TIPIS CERIA DIDADAH ND  
MENGUNAKAN TEKNIK PULSED-LASER ABLATION DEPOSITION (PLAD)**

**Iis Nurhasanah, Khairurrijal, Mikrajuddin Abdullah,  
Bambang Ariwahjoedi, Maman Budiman dan Sukirno**  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung  
Jalan Ganesa 10, Bandung 40132  
e-mail: krijal@fi.tib.ac.id

**ABSTRAK**

**DEPOSISI FILM TIPIS CERIA DIDADAH Nd MENGGUNAKAN TEKNIK PULSED-LASER ABLATION DEPOSITION (PLAD).** Film tipis ceria didadah Nd (*Nd-doped ceria/NDC*) telah berhasil dideposisikan di atas substrat Si(100) pada temperatur 400°C menggunakan teknik *pulsed-laser ablation deposition* (PLAD) dalam kondisi vakum dan tekanan O<sub>2</sub> antara 15 – 29 mTorr. Analisis difraksi sinar-x, *scanning electron microscopy* (SEM), dan *energy dispersive x-ray* (EDX) digunakan untuk mengamati struktur, ketebalan dan komposisi kimia film. Hasil studi ini menunjukkan bahwa tekanan O<sub>2</sub> selama proses deposisi menentukan kristalisasi, ketebalan film dan komposisi atom dalam film. Film tipis NDC dengan struktur kompak dan komposisi beragam yang diperoleh menunjukkan bahwa teknik PLAD berpotensi untuk menghasilkan film tipis elektrolit yang penting bagi *solid electrolyte fuel cell* (SOFC).

**Kata kunci:** film tipis, ceria didadah Nd (NDC), PLAD, struktur kristal

**ABSTRACT**

**Nd-DOPED CERIA THIN FILM DEPOSITION USING PULSED-LASER ABLATION TECHNIQUE (PLAD).** Nd-doped ceria (NDC) thin film have been deposited on Si(100) substrate at temperature of 400°C using pulsed-laser ablation deposition technique (PLAD) in vacuum condition and at O<sub>2</sub> pressure between 15-29 mTorr. X-ray diffraction, scanning electron microscope (SEM), and energy dispersive x-ray (EDX) analysis have been used to observed structures, thicknesses, and chemical compositions of the films. It was shown that O<sub>2</sub> pressure during the deposition process affected crystallization, thickness, and atomic composition of the films. The obtained NDC thin film with compact structure and various compositions have proved that the PLAD technique has potency in making electrolyte thin films, which is important to solid oxide fuel cell (SOFC).

**Key words:** thin film, Nd-doped ceria (NDC), PLAD, crystal structure

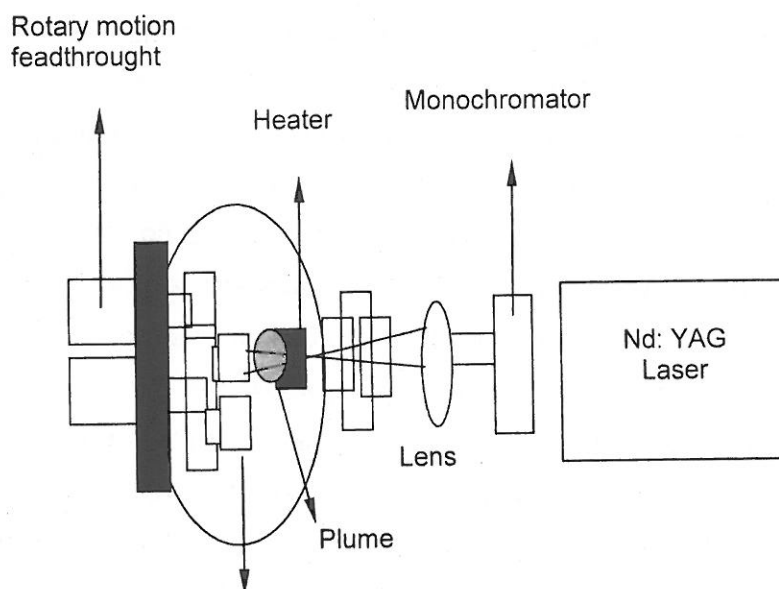
**PENDAHULUAN**

*Solid oxide fuel cell* (SOFC) merupakan piranti elektrokimia yang mengkonversi bahan bakar gas menjadi energi listrik. Sampai saat ini penelitian untuk menghasilkan SOFC terus meningkat karena SOFC merupakan pembangkit listrik yang memiliki efisiensi tinggi dan ramah lingkungan. Komponen terpenting dalam SOFC adalah

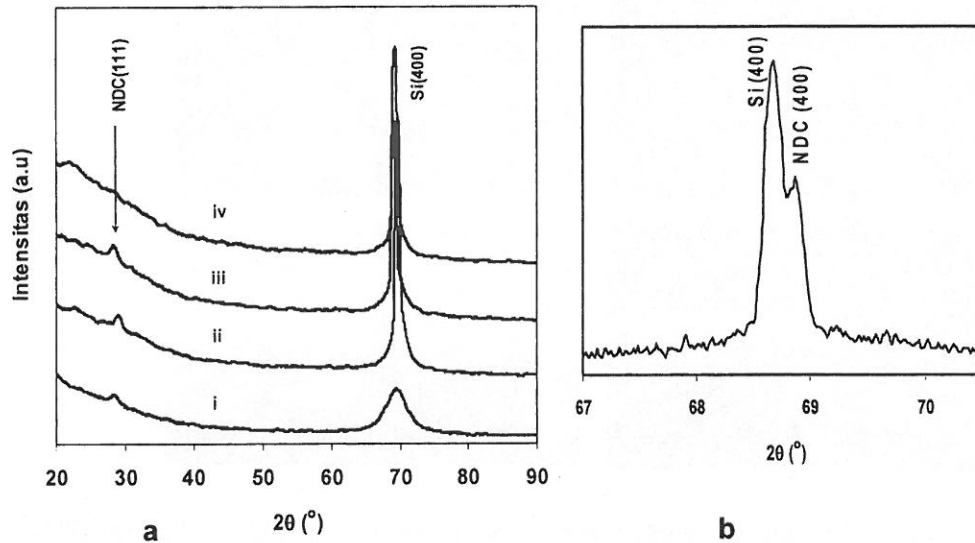
didadah Nd (*Nd-doped ceria/NDC*) berhasil dideposisikan menggunakan teknik PLAD. Film tipis NDC yang padat diperoleh pada temperatur yang cukup rendah ( $400^{\circ}\text{C}$ ) tanpa perlakuan *annealing*. Konsentrasi dadah Nd juga telah berhasil dikontrol dengan memvariasikan tekanan  $\text{O}_2$ . Berdasarkan penelusuran pustaka sejauh ini, penelitian mengenai film tipis NDC masih jarang dilakukan.

## TATA KERJA

Film tipis NDC dideposisi menggunakan teknik PLAD dari target berupa tablet keramik. Target dibuat dengan mencampurkan serbuk  $\text{Nd}_2\text{O}_3$  (99.99 %) dan serbuk  $\text{CeO}_2$  (99.995 %) dengan perbandingan 10% : 90% mol. Campuran serbuk dipres menjadi tablet dengan tekanan 100 kN dan dipanaskan pada  $1000^{\circ}\text{C}$  selama 4 jam. Target kemudian ditempatkan pada *holder* yang berotasi selama deposisi dalam reaktor. Gas  $\text{O}_2$  dialirkan ke dalam reaktor sampai mencapai tekanan deposisi tertentu. Film tipis NDC dideposisikan di atas substrat Si(100) dengan menembakkan laser (Nd:YAG) ke arah target. Deposisi dilakukan dalam kondisi vakum dan tekanan  $\text{O}_2$  (15 – 29 mTorr) pada temperatur  $400^{\circ}\text{C}$  selama 60 menit. Skema peralatan teknik deposisi PLAD yang digunakan ditampilkan pada Gambar 1. Struktur film tipis NDC diamati menggunakan difraktometer sinar-x (X'Pert Pro, PANalytical) dengan radiasi  $\text{Cu K}\alpha$  1,54056 Å dan *Scanning electron microscope* (JEOL JSM-6360LA). Ketebalan film diestimasi dari hasil citra SEM dan komposisi film dianalisis menggunakan *energy dispersive x-ray* (EDX).



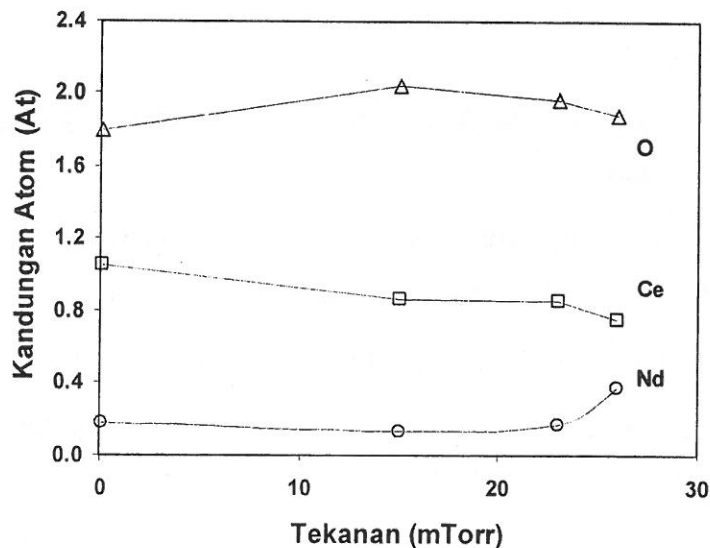
Gambar 1. Skema peralatan teknik PLAD.



Gambar 2. Pola XRD film tipis NDC (a). deposisi dalam vakum (i) dan berbagai tekanan oksigen: 15 mTorr (ii), 23 mTorr (iii), 29 mTorr (iv). (b). Puncak (400) film dideposisi pada 23 mTorr.

Ketebalan film untuk berbagai tekanan deposisi ditunjukkan pada Gambar 4, terlihat bahwa ketebalan film semakin tipis dengan kenaikan tekanan deposisi. Parameter yang menentukan laju deposisi (ketebalan film) dalam studi ini adalah tekanan deposisi. Energi kinetik rata-rata dalam PLAD berkisar sekitar 10 eV. Dalam lingkungan gas bertekanan di atas 10 mTorr energi tersebut menurun akibat tumbukan dan hamburan partikel target dengan atom-atom oksigen, selanjutnya plume ablasi melebar [10]. Berbeda dengan proses deposisi dalam vakum tumbukan hanya terjadi antara partikel target, penambahan gas menyebabkan reduksi yang signifikan terhadap konsentrasi partikel yang dapat ditransmisikan ke substrat membentuk fase oksida.

atom dalam film tipis NDC untuk berbagai tekanan ditampilkan pada Gambar 5. Terlihat bahwa dengan penambahan  $O_2$ , penggabungan atom Ce ke dalam film menurun sedangkan atom Nd semakin besar. Hal ini dimungkinkan karena massa atom Ce lebih ringan daripada Nd. Tumbukan atom Ce dengan  $O_2$  menyebabkan banyak kehilangan energi, dengan demikian probabilitas penggabungan atom Ce menurun, sedangkan atom Nd bertambah. Hasil ini menunjukkan bahwa dengan teknik PLAD, komposisi film dapat dimodifikasi dengan memvariasikan tekanan  $O_2$ . Dari hasil tersebut diketahui pula bahwa film dengan komposisi yang identik dengan target diperoleh pada tekanan 15 mTorr.



Gambar 5. Komposisi atom film tipis NDC pada berbagai tekanan

Berdasarkan hasil studi ini dapat dikemukakan bahwa teknik deposisi PLAD mampu mendeposisikan film tipis NDC pada temperatur cukup rendah. Mikrostruktur film yang kompak dan komposisi kimia yang mudah dikontrol mengindikasikan bahwa film tipis NDC memiliki potensi untuk elektrolit *fuel cell*. Untuk menggali lebih jauh potensi tersebut, sifat listrik film tipis NDC harus diteliti lebih lanjut.

## KESIMPULAN

Film tipis NDC telah berhasil dideposisikan menggunakan teknik PLAD pada berbagai tekanan  $O_2$  dan dalam vakum. Film tipis NDC dengan struktur yang padat dan permukaan rata diperoleh pada temperatur  $400^\circ C$ . Variasi tekanan deposisi menentukan kristalisasi, ketebalan dan komposisi atom film tipis NDC. Kristalinitas