

BAB I

PENDAHUUAN

2.1 Latar Belakang

Indonesia sangat potensial mengembangkan sumber energi matahari sebagai sumber energi alternatif untuk menggantikan minyak bumi yang persediaannya mulai menipis, karena Indonesia sebagai daerah tropika mendapatkan sinar matahari rata-rata 10 jam perhari. Sinar matahari memiliki intensitas daya panas sebesar 10 mW/cm^2 , berarti dalam sehari dapat dihasilkan energi surya sebesar $360 \text{ joule per cm}^2$ (dengan menganggap efisiensi atau *fill factor* sel surya sebesar 10 %).

Sel surya berbasis bahan silikon amorf telah dilakukan Jasruddin *dkk* (1999, 2000, 2001) dengan nilai efisiensi 10,38 %. Pembuatan sel surya berbasis silikon amorf memerlukan teknologi tinggi dengan tingkat keberhasilan yang cukup tinggi pula. Namun demikian teknologi yang dimiliki Indonesia masih belum memungkinkan untuk membuat divais sel surya berbasis silikon amorf sehingga perlu pemikiran pembuatan sel surya dalam bentuk kristal dengan bahan lain seperti LiTaO_3 . Bahan ferroelektrik LiTaO_3 didada niobium (LNT) sangat potensial digunakan untuk bahan sensor cahaya karena memiliki kepekaan (responsivitas) tinggi terhadap panas dibanding dengan GaAs/AlGaAs , MCT (*Mercury Cadmium Telenide*) dan HgCdTe . Bahan pyroelektrik LNT juga sangat potensial digunakan untuk bahan sel surya karena memiliki efisiensi dan *fill factor* tinggi terhadap radiasi surya dibanding dengan bahan pyroelektrik triglisin sulfat, LaNbO_3 , NaNO_2 , dan *amorf* silikon terhidrogenasi.

HgCdTe atau MCT, mempunyai efisiensi kuantum yang tinggi, tetapi kerugiannya daerah operasi material tersebut harus pada suhu nitrogen (77 K). Sedangkan daerah operasi sensor ferroelektrik LiTaO_3 di sekitar suhu kamar selama di bawah suhu Curie ($T_c = 490^\circ\text{C}$). Oleh karena itu dalam penelitian ini dipilih bahan ferroelektrik sebagai bahan untuk sel surya. Di samping itu cara pembuatan bahan ferroelektrik ini lebih mudah dibandingkan dengan MCT. Kelebihan lainnya adalah lingkungan pembuatan yang tidak memerlukan pendinginan, berarti pembuatannya lebih layak dilakukan di laboratorium kampus Indonesia.

Namun demikian bahan ferroelektrik LiTaO_3 mempunyai kelemahan-kelemahan seperti waktu responnya tidak secepat sensor fotovoltaiik. Oleh karena itu masalah dalam penelitian ini dirumuskan : ” Bagaimanakah teknik yang harus dilakukan untuk meningkatkan kadar

keberhasilan penumbuhan lapisan film tipis LNT dengan unjuk kerja yang optimum sebagai bahan sel surya?"

2.2 Tujuan

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam mengembangkan bahan ferroelektrik yang dapat digunakan untuk bahan sel surya yaitu mengatur optimalisasi fraksi mol pendadahan niobium kedalam LiTaO_3 , variasi suhu *annealing* dan membuat sel surya dengan efisiensi yang baik. Masalah tersebut akan diatasi dalam proses penumbuhan lapisan film tipis yang optimum. Adapun tujuan selengkapnya dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan film tipis LiTaO_3 atau LNT dengan fraksi mol bahan pendadah Niobium yang sesuai.
2. Mendapatkan film tipis LiTaO_3 atau LNT dengan perlakuan *annealing* yang cocok sehingga berunjuk kerja tinggi
3. Membuat dan menerapkan film tipis fotovoltaik LiTaO_3 atau LNT sebagai sel surya ramah lingkungan dengan efisiensi tinggi.

1.3 Urgensi penelitian

Sel surya berbahan silikon amorf merupakan sel surya yang dikenal dan dikembangkan lebih awal. Secara fisik, sel surya silikon amorf dalam aplikasinya sebagai pembangkit listrik tenaga matahari, konstruksinya mempunyai bobot yang cukup berat. Efisiensi sel surya silikon amorf awalnya berkisar 2 – 5%, namun banyak pengembangan penelitian terhadap silikon ini sehingga didapat efisiensi sampai 10,38% (Jasruddin dkk, 2001). Selain itu daerah operasi material tersebut harus pada suhu nitrogen cair (77 K).

Peranan bahan ferroelektrik LiTaO_3 sangat menarik untuk diteliti karena dalam penerapannya dapat digunakan sebagai sel surya. Bahan ferroelektrik adalah bahan memiliki polarisasi spontan walau bahan tersebut tidak diberi medan listrik luar. Oleh karena sifat-sifat tersebut maka bahan ferroelektrik melalui sifat histerisis dan nilai dielektrik yang tinggi dapat diterapkan pada sel surya (Itskovsky, 1999). Sedangkan daerah operasi sel surya ferroelektrik di sekitar suhu kamar selama di bawah suhu Curie ($T_c = 490^\circ\text{C}$). Oleh karena itu dalam penelitian ini dipilih bahan ferroelektrik sebagai bahan sel surya. Di samping itu cara pembuatan bahan ferroelektrik ini lebih mudah dibandingkan dengan MCT. Walaupun bahan ferroelektrik ini

mempunyai kelemahan-kelemahan seperti waktu responnya tidak secepat sensor fotovoltaiik, namun mempunyai kelebihan dalam lingkungan yang tidak memerlukan pendinginan, berarti pembuatannya mudah dilakukan di laboratorium kampus Indonesia.

Seperti kita ketahui bahwa negara Indonesia terdiri dari kepulauan. Dilihat dari aspek geografis, pembangunan yang dilakukan pemerintah banyak mengalami kendala. Hasil pembangunan seolah sulit tercapainya pemerataan di setiap wilayah. Salah satu contohnya adalah pembangunan listrik, tidak semua wilayah terpencil di seluruh kepulauan terjangkau listrik. Selama masyarakat mempunyai anggapan bahwa pembangunan PLTA, PLTU ataupun PLTD, maka pemerataan dalam hal listrik cukup sulit terlaksana. Maka dari itu, sudah saatnya beralih kepada pemilihan sumber energi matahari yang melimpah ruah.

Kegunaan dari penelitian ini adalah dapat menumbuhkembangkan penguasaan dalam membuat film tipis LiTaO_3 yang didoping Nb dan penerapannya sebagai sebagai sel surya yang diandalkan sebagai alternatif pengganti energi minyak bumi dan gas. Sel surya mengandung nilai tambah tinggi, bersifat strategis secara nasional bahkan internasional dan merupakan kegiatan bisnis masyarakat dalam upaya memanfaatkan sumber daya alam yang berlimpah secara berkelanjutan.

Di samping itu, untuk penelitian ini dapat mempertinggi nilai tambah sumber daya manusia serta dapat meningkatkan kesejahteraan rakyat Indonesia jika dikelola secara profesional dan manajemen yang baik. Kegunaan sel surya fotovoltaiik yang relatif murah ini, dapat dirasakan langsung oleh masyarakat di desa-desa terpencil yang belum ada jaringan listrik dimana sel surya dapat dioperasikan dengan menghubungkan sistem rangkaian elektrik pada pemanas (*heater*) dan pendingin (*refrigerator*) untuk pengeringan gabah dan hasil pasca panen pertanian.

BAB II

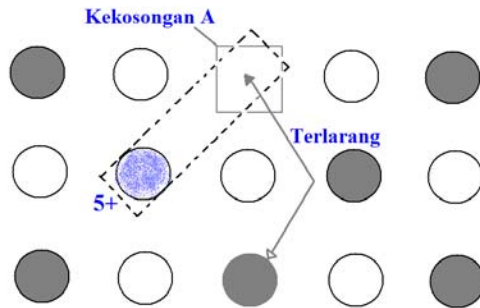
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sel Surya LiTaO₃

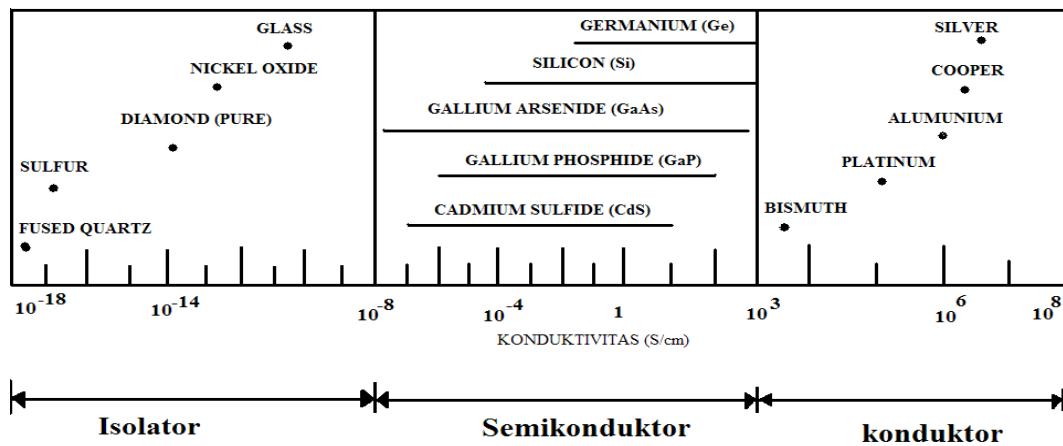
Struktur *perovskite* LiTaO₃, ion litium (Li²⁺) terletak di ujung rusuk-rusuk kubus, ion titanium (Ta⁴⁺) terletak di diagonal ruang dan ion oksigen terletak di diagonal bidang kubus. Penambahan niobium ke dalam LiTaO₃ (LNT) akan mendapatkan bahan ferroelektrik/piroelektrik bersifat menyerupai semikonduktor tipe-*n* (*donor doping*), karena ion niobium (Nb⁵⁺) akan menempati posisi ion niobium (Ta⁴⁺) yang berarti struktur tersebut memiliki kelebihan ion negatif (tipe-*n*) yang disebut ion *soft dopant* atau *donor dopant* (Uchino, 2000). Ion *soft dopant* ini dapat menghasilkan material ferroelektrik yang bersifat lebih *soft*, seperti konduktivitas elastis lebih tinggi, sifat medan koersif lebih rendah, faktor kualitas mekanik lebih rendah dan kualitas arus listrik yang lebih rendah (Uchino, 2000, Sunandar, 2006).

Gambar 2.1 menjelaskan keadaan *donor dopant* yang berperan penting dalam pembentukan ruang kosong pada posisi A (Li²⁺) dari struktur perovskite akibat proses elektrostatis, dan mengakibatkan ion Li tidak dapat dengan mudah melompat ke ruang kosong A karena terhalang ikatan ionik oksigen (Uchino, 2000, Hastio *dkk*, 2006).

Salah satu karakteristik terbentuk sambungan *p-n* dalam sel surya fotovoltaik adalah uji sifat konduktivitas listrik dan uji arus fotovoltaik film tipis. Berdasarkan nilai konduktivitas listrik suatu material dapat dibedakan menjadi tiga bagian yaitu konduktor, semikonduktor dan isolator. Gambar 2.2 memperlihatkan untuk material isolator berada dalam selang nilai 10⁻¹⁸ S/m sampai 10⁻⁸ S/m, semikonduktor berada dalam selang nilai 10⁻⁸ S/m sampai 10³ S/m dan konduktor berada dalam selang nilai 10³ S/m sampai 10⁸ S/m (Kwok, 1995).



Gambar 2.1. Donor dopant (Uchino, 2000, Hastio dkk, 2006).

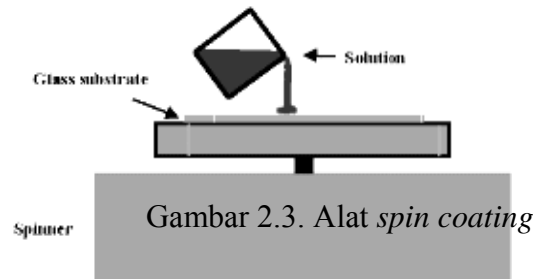


Gambar 2.2. Pembedaan material berdasarkan konduktivitas listrik (Kwok,

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Itskovsky (1999) telah berhasil membuat sel surya ferroelektrik infra merah triglisin sulfat, LiTaO_3 , NaNNO_2 , dan desain roda *chopper* dengan selisih antara frekuensi resonansi *arm section* (f_{r1}) dengan frekuensi resonansi *driving section* (f_{r2}) sebesar 10 % pada alat ukur arus piroelektrik sel surya. Sedangkan Imada dkk (1998), Fraden dkk (2000), Taniguchi dkk (1997) telah berhasil melakukan pengukuran arus ferroelektrik berbantuan JFET dan *I/V converter* dengan karakterisasi sensor berupa waktu respon listrik sebesar 2 detik pada kapasitor = 40 pF dan hambatan = 50 G Ω serta respon frekuensi 3 dB di atas frekuensi *cut off*-nya.

2.2 Metode *Chemical Solution Deposition*

Alat *spin coating* digambarkan pada gambar 2.3.



Metode *Chemical Solution Deposition* (CSD) merupakan cara pembuatan film tipis dengan pendeposisi larutan bahan kimia di atas substrat, kemudian dipreparasi dengan *spin coating* pada kecepatan putar tertentu.

Proses *spin coating* dapat dipahami dengan perilaku aliran larutan pada piringan substrat yang berputar. Mula-mula aliran volumetrik cairan dengan arah radial pada substrat diasumsikan bervariasi terhadap waktu. Pada saat $t = 0$, penggenangan awal dan pembasahan menyeluruh pada permukaan substrat (tegangan permukaan diminimalisasi yakni tidak ada getaran, tidak ada noda kering dan sebagainya). Piringan lalu dipercepat dengan kecepatan rotasi yang spesifik, menyebabkan *bulk* dari cairan terdistribusi merata.

Model teoritis dan eksperimen untuk meningkatkan mutu film tipis LiTaO_3 dengan metode *chemical solution deposition* (CSD) dan *spin coating* berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Washo *dkk* (1977), dengan memperhitungkan faktor-faktor meliputi tegangan permukaan, viskositas film, kerapatan larutan, kecepatan alir fluida, kecepatan berputar, waktu penumbuhan, bentuk substrat, dan proses penguapan pelarut.

BAB III

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan menggunakan eksperimen murni yang dilakukan di laboratorium Material Teknik Jurusan Pendidikan Teknik Mesin FPTK UPI dan Laboratorium Fisika Material IPB. Keunggulan riset ini adalah dapat menerangkan secara mendasar gejala-gejala fisika yang terjadi pada proses sifat listrik film tipis dan penerapannya sebagai sel surya. Kegiatan eksperimen tersebut akan dilakukan dalam waktu 10 bulan dan terbagi menjadi empat tahap. Tahap I pembuatan larutan LNT dengan memperhatikan faktor-faktor penumbuhan meliputi tegangan permukaan, viskositas film, kerapatan larutan, kecepatan alir fluida, kecepatan berputar, waktu penumbuhan, bentuk substrat, dan proses penguapan pelarut; tahap II melakukan eksperimen pembuatan film tipis LNT di atas substrat Si (100) tipe-*p* menggunakan metode *Chemical Solution Deposition (CSD)*; tahap III karakterisasi sifat ferroelektrik, piezoelektrik, konduktivitas listrik gelap dan terang, *fill factor* dan efisiensi sel surya fotovoltaik; tahap IV pembuatan sel surya fotovoltaik sebagai penerapannya. Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.2.

Metode yang akan digunakan untuk kegiatan eksperimen tersebut, diuraikan sebagai berikut:

3.2 Penumbuhan Film Tipis LiTaO_3 yang didadah Niobium (LNT)

Film tipis LNT akan ditumbuhkan di atas substrat Si dengan orientasi (100), tipe *p* dengan *spin coating*. Kondisi optimum penumbuhan film tipis LNT seperti fraksi mol bahan pendadah niobium, putaran alat *spin coating* dan variasi temperatur *annealing* sangat diperlukan sebagai dasar untuk menumbuhkan struktur LNT hingga diperoleh struktur yang memiliki karakteristik yang sesuai dengan persyaratan sel surya. Selain itu, untuk mendapatkan lapisan film tipis yang tangguh, pengadukan larutan (litium asetat, lantanum isoprosida, Nb_2O_5 dalam larutan 2-methoxythanol) harus merata dan suasana tungku *annealing* bersifat oksigen.

Secara lebih rinci, penumbuhan film tipis LNT adalah sebagai berikut:

- Optimasi penumbuhan film tipis LNT untuk mendapatkan film tipis yang baik dengan mengatur putaran mesin *spin coating*
- Optimasi penumbuhan film tipis LNT untuk mendapatkan film tipis yang baik dengan melakukan penambahan konsentrasi bahan pendadah yang sesuai.

- Optimasi penumbuhan film tipis LNT untuk mendapatkan film tipis yang baik dengan melakukan variasi temperatur *annealing*.

3.2 Karakterisasi Film Tipis LNT

Karakterisasi dilakukan untuk mengetahui sifat kekrystalan, sifat ferroelektrik, piroelektrik, konduktivitas listrik dan *fill factor*, efisiensi sel fotovoltaik

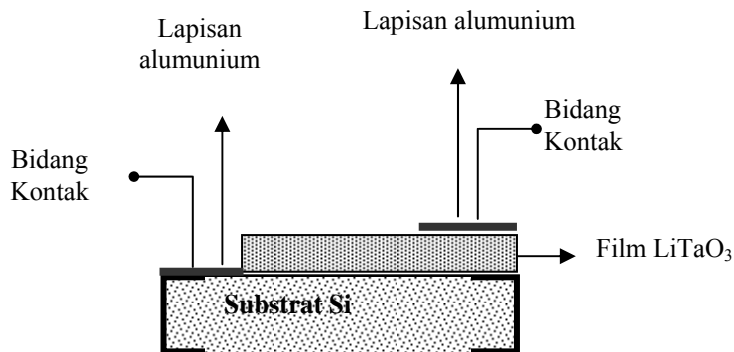
Penjelasan untuk masing-masing karakterisasi tersebut diuraikan sebagai berikut:

a. Sifat kekrystalan LNT

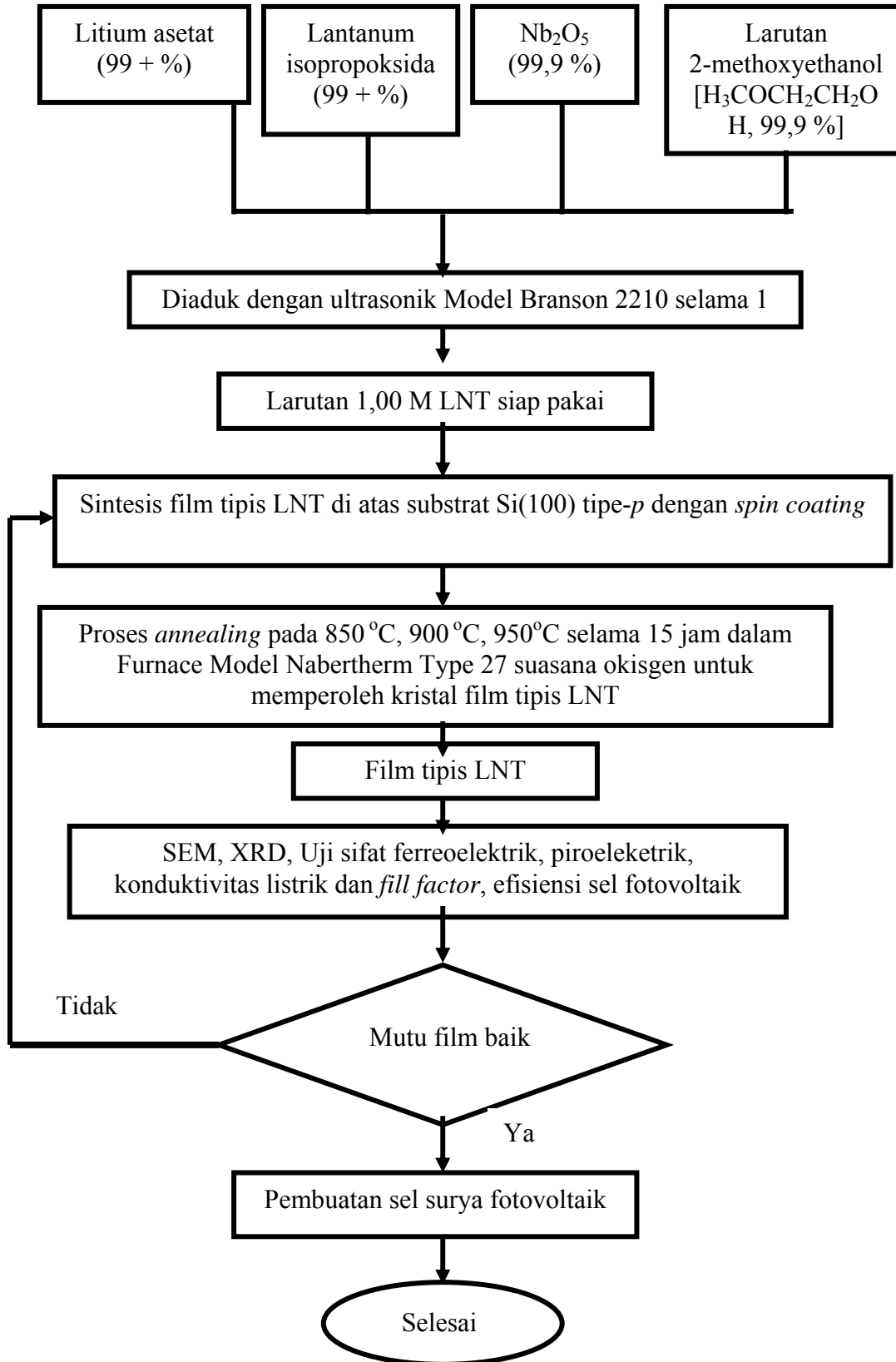
Sifat kekrystalan LNT dikarakterisasi dengan SEM dan XRD. SEM (*scanning electron microscopy*) digunakan untuk menganalisis morfologi permukaan film dimana yang diperlihatkan adalah kerataan, ketebalan dan ukuran butir kristal. XRD (*x-ray diffraction*) digunakan untuk mengetahui Kandungan Nb dalam LNT.

b. Uji Ferroelektrik

Tujuan uji ini adalah untuk menentukan sifat ferroelektrik film yang didapat. Dari uji ini diperoleh nilai polarisasi saturasi (P_s), polarisasi remanen (P_r) dan medan koersif (E_c) dari film. Dalam uji ini, film tipis dibentuk menjadi struktur seperti pada Gambar 2. Pada penelitian kali ini digunakan alat *Radiant Teknologi A Charge Ver.2.2*



Gambar 3.1 Struktur uji ferrolektrik pada substrat Si (100) tipe-p.



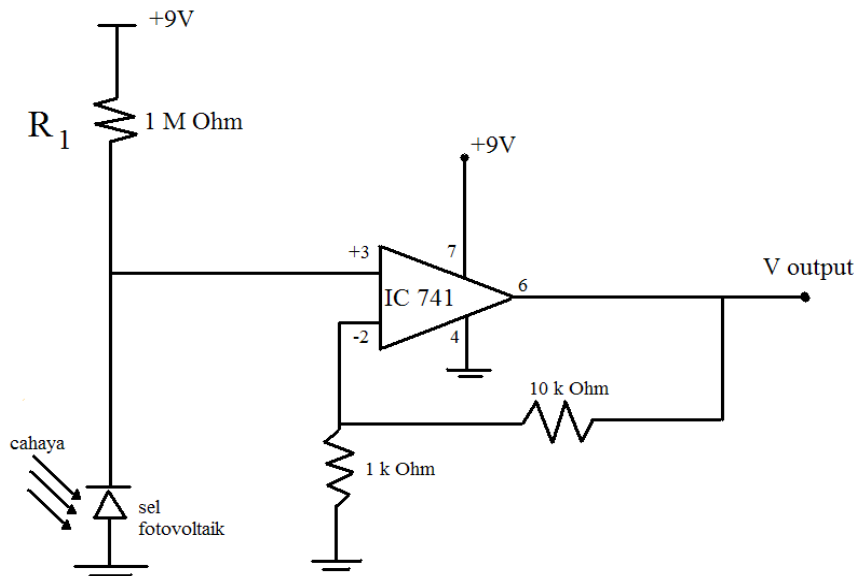
Gambar 3.2 Diagram alir penelitian.

Pengukuran resistansi film tipis LNT dilakukan dengan menggunakan rangkaian elektronik *OP-Amp* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2. Nilai resistansi yang terukur, berasal dari konversi dari nilai tegangan dengan menggunakan persamaan 3.2 : (Neamen, 2001)

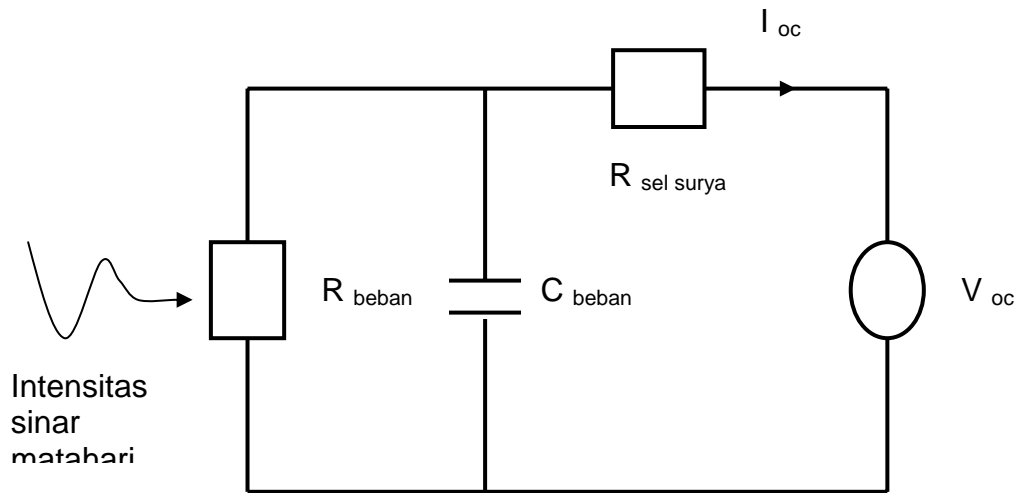
$$R_{ft} = \frac{V_{ft} R_1}{V_{total} - V_{ft}} \quad (3.2)$$

di mana R_{ft} merupakan adalah hambatan film tipis, V_{ft} adalah tegangan film tipis yang terukur pada multimeter setelah dibagi penguat tegangan (penelitian ini menggunakan penguat tegangan sebesar 10 kali), V_{total} adalah tegangan total (tegangan 9V ditambah tegangan film tipis) dan R_1 adalah hambatan yang digunakan.

Perhitungan nilai konduktivitas σ film tipis berdasarkan pengukuran nilai resistensi dengan menggunakan persamaan 3.2. Hasil perhitungan nilai konduktivitas film tipis LTN yang didapat diklasifikasikan berdasarkan Gambar 2.2 agar diketahui bersifat semikonduktor, atau isolator atau konduktor.



Gambar 3.3. Rangkaian elektronik *Op-Amp* pengukuran resistansi (Neamen, 2001).



Gambar 3.4. Skema rangkaian elektronik sederhana piranti sel surya fotovoltaik (Jasruddin *dkk*, 1999, 2000, 2001).

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel yang dihasilkan yang dapat disampaikan pada Laporan Tahun I adalah film tipis LiTaO_3 tanpa didoping Niobium. Terhadap film tipis yang dihasilkan dilaku panas sebagaimana terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Sampel yang dibuat dalam penelitian

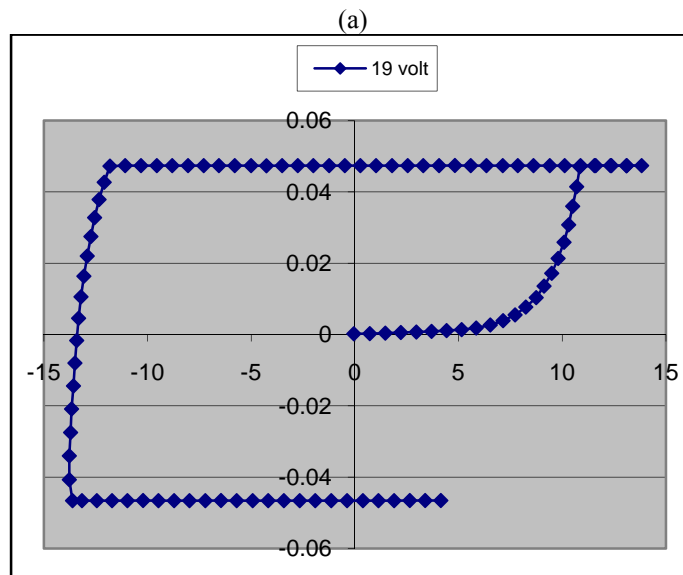
Nama Sampel	Substrat	Suhu Annealing (°C)
LiTaO_3	Si (100) tipe-p	900
		950
		1000

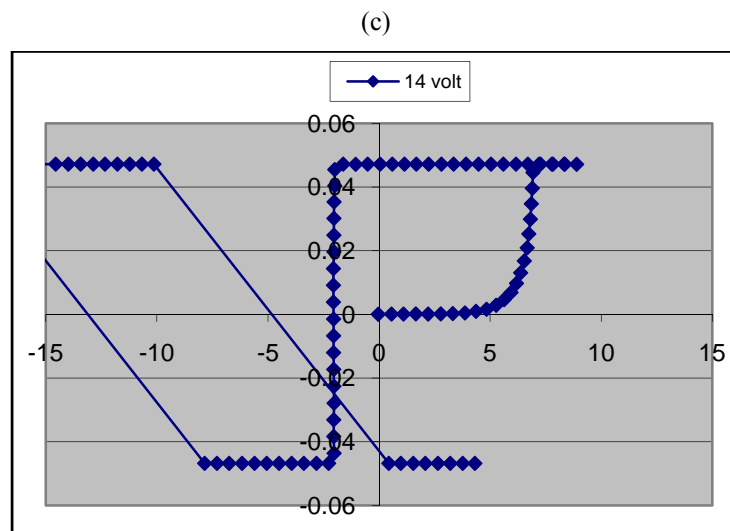
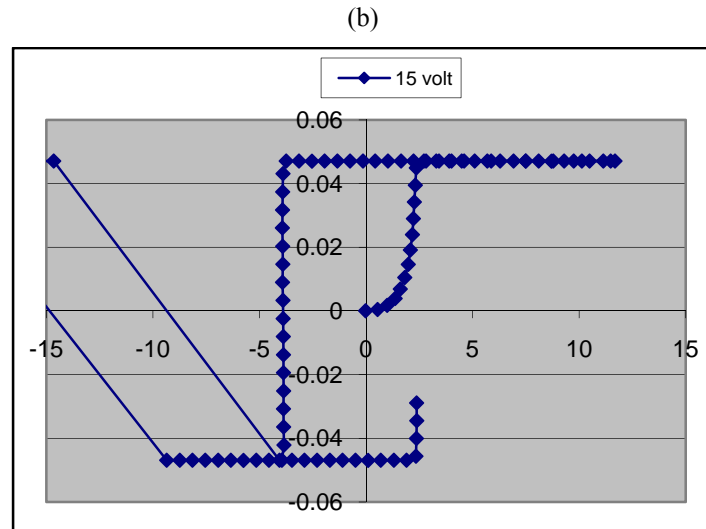
3.1 Hasil Uji Ferroelektrik

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua sampel yang dibuat, bersifat ferroelektrik. Hal ini dapat dilihat dari kurva histerisis yang terbentuk dari setiap sampelnya. Perlakuan perbedaan suhu *annealing* dan perbedaan substrat mempengaruhi nilai-nilai parameter yang didapat dari uji ferroelektrik. Pada penelitian ini uji ferroelektrik dilakukan dengan memberikan variasi tegangan dari 5 V sampai dengan 19 V.

Kurva Histerisis LiTaO_3 1 M

Kurva histerisis film LiTaO_3 1 M pada substrat Si(100) hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1





Gambar 4.1 Kurva histerisis LiTaO_3 1 M pada substrat Si(100) dengan suhu *annealing* 900°C (b) 950°C (c) 1000°C .

Dari Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa semakin besar tegangan yang diberikan maka bentuk kurvanya pun akan semakin melebar. Dalam kurva ini, lebar dari kurva menunjukkan kuat medan ($\text{kV}\cdot\text{cm}^{-2}$) yang terukur pada sampel. Hal ini karena kenaikan tegangan menyebabkan lebih banyak orientasi *domain* yang sejajar sehingga kuat medannya pun akan semakin bertambah (Adem 2003).

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Resistansi dan Konduktivitas Listrik LiTaO₃ dengan dadah Nb

	Konduktivitas					
T anil	0 Watt	20 Watt	40 Watt	60 Watt	80 Watt	100 Watt
1000 ⁰ C	43,60nS	57 nS	35 nS	54 nS	68 nS	33 nS
950 ⁰ C	4,89 μS	57 μS	63 μS	63 μS	63 μS	64 μS
900 ⁰ C	92 nS	86 nS	113,7 nS	82 nS	134 nS	107 nS
850 ⁰ C	5 nS	1,36 nS	5,26 nS	5,9 nS	2,6 nS	5,6 nS

Tabel 4.3 Hasil Karakterisasi Resistansi dan Konduktivitas Listrik LiTaO₃

	Konduktivitas					
T anil	0 Watt	20 Watt	40 Watt	60 Watt	80 Watt	100 Watt
1000 ⁰ C	13,366 nS	17,286 nS	27,88 nS	45,81 nS	15,6 nS	10,5 nS
950 ⁰ C	8,425 nS	1,79 μS	65,29 μS	20,308 nS	69,5 μS	48,77 μS
900 ⁰ C	9,16 μS	15,028 nS	14,39 nS	13,563 nS	33,044 nS	56,04 nS

Pengukuran besaran resistansi film tipis LiTaO₃ dan LNT dilakukan dengan menyinari sel tersebut dengan variasi daya lampu 0, 20, 40, 60, 80 dan 100 kemudian kontak ohmik aluminium yang terletak di atas LNT dihubungkan dengan rangkaian aplikasi *Op Amp: resistance*. Berdasarkan gambar rangkaian 3.4 didapatkan bahwa sinyal keluaran yang dihasilkan dari rangkaian ini merupakan besaran tegangan namun melalui persamaan 3.1 dilakukan konversi dari tegangan menjadi resistansi dan berdasarkan persamaan 2.4 didapat konduktivitas listrik.

Tabel 4.2 dan 4.3 merupakan hasil pengukuran resistansi dan konduktivitas film tipis LiTaO₃ dan LNT berstruktur metal-ferroelektrik-metal. Pada tabel tersebut didapatkan nilai konduktivitas dari film tipis LiTaO₃ dan LNT yang digunakan memiliki orde minimum 30,00 S/m sampai 31,25 S/m. Maka film yang digunakan merupakan bahan semikonduktor berdasarkan gambar 2.6. Pada hasil tersebut dapat dilihat pengaruh konsentrasi bahan pendadah terhadap nilai resistansi film tipis. Ketika sel fotovoltaik pada kondisi penyinaran 0 watt tampak bahwa kenaikan konsentrasi pendadah Nb menurunkan nilai resistansi tetapi meningkatkan nilai konduktivitas listrik namun pada 80 watt dan 100 watt kenaikan konsentrasi pendadah Nb justru menaikkan nilai resistansi dan menurunkan konduktivitas listrik. Hal ini terjadi karena

peningkatan konsentrasi pendadah menyebabkan peningkatan cacat kristal pada film tipis yang digunakan, dimana dengan adanya pendadah maka struktur ketakteraturan cukup banyak sehingga mengganggu penjalaran elektron.

Pengaruh temperatur terhadap nilai konduktivitas listrik memiliki hubungan yang berbanding lurus, artinya peningkatan suhu *annealing* menimbulkan kenaikan nilai konduktivitas listrik. Hal ini terjadi akibat peningkatan suhu *annealing* menyebabkan peningkatan evaporasi lapisan film tipis sehingga ketebalan lapisan film tipis berkurang dan cacat strukturnya menurun. Kenaikan konduktivitas akibat elektron yang mengalir akan meningkat karena terjadinya hamburan dengan cacat kristal yang cenderung menurun.

Pada pengukuran resistansi dan konduktivitas listrik sebelumnya telah diketahui bahwa film tipis LiTaO_3 dan LNT yang digunakan merupakan bahan semikonduktor. Bahan semikonduktor yang membentuk persambungan *p-n* memungkinkan untuk menghasilkan arus dan tegangan ketika diberikan energi yang sesuai bagi elektron dan *hole* berdifusi, fenomena ini disebut sebagai efek fotovoltaiik. Pada pengukuran selanjutnya dianalisis efek fotovoltaiik pada film tipis LiTaO_3 dan LNT yang dideposisi di atas substrat Si(100) tipe-*n* dan hubungannya dengan konsentrasi bahan pendadah galium dan pengaruh suhu *annealing* yang digunakan.

Hasil pengukuran tegangan dan arus mengindikasikan bahwa ketika film tipis LiTaO_3 dan LNT dideposisikan di atas substrat Si(100) tipe-*n* dapat menimbulkan persambungan *p-n*. Arus dan tegangan yang dihasilkan sel fotovoltaiik ini merupakan adanya gerak difusi dari elektron dan *hole* yang memperoleh energi foton akibat penyinaran dari sumber cahaya.

Efek penambahan konsentrasi pendadah pada sel fotovoltaiik yang digunakan pada penelitian ini memiliki kecenderungan untuk menurunkan nilai arus. Penambahan konsentrasi niobium pada film tipis LiTaO_3 dan LNT menyebabkan kecenderungan film tipis tersebut bersifat *p*. Niobium merupakan ion dengan elektron valensi terluar sebanyak tiga, untuk menuju kestabilan maka niobium berinteraksi dengan oksigen pada campuran LiTaO_3 . Interaksi elektron dari oksigen dengan *hole* pada galium menyebabkan *hole* baru yang ditimbulkan oleh perpindahan elektron yang berinteraksi tersebut. *Hole* ini dapat berpindah dalam struktur kristal karena kemudahan bagi elektron tetangga untuk berekombinasi dan selanjutnya meninggalkan hole baru akibat perpindahan tersebut [22]. Jadi, Rekombinasi *hole*-elektron akan mengakibatkan elektron yang berdifusi dari pita valensi menuju pita konduksi akan berkurang dan menyebabkan arus yang dihasilkan oleh sel fotovoltaiik berkurang.

Pengaruh suhu *annealing* terhadap nilai konduktivitas listrik optimal ketika suhu *annealing* 950°C namun nilai konduktivitas listrik menurun ketika suhu *annealing* dilakukan pada suhu 1000°C. Penurunan nilai konduktivitas listrik terkait dengan suhu *annealing* disebabkan oleh penguapan yang dialami oleh film tipis LNT. Atom-atom yang telah tersusun ketika proses pendeposisian mengalami penguapan dan menyebabkan penurunan kualitas kristal.

Hasil Karakterisasi Arus dan Tegangan Prototipe Sel Surya

Pengukuran arus-tegangan sel surya dilakukan dengan menggunakan rangkaian pada gambar 3.6 dan sumber cahaya yang digunakan adalah lampu 240V 100watt dengan intensitas penyinaran 30mW/cm². Luas penampang prototipe sel surya LiTaO₃ dan LNT yang disinari adalah 1 cm². Jarak antara sumber cahaya (lampu) dengan prototipe sel surya sebesar 10 cm, jarak tersebut diatur untuk mengurangi panas yang dihasilkan oleh lampu yang dapat mengakibatkan kerusakan pada sel surya akibat berlebihan efek panas yang diterima sel surya.

Nilai arus tertinggi (I_{sc}) didapatkan ketika tegangannya bernilai minimum, nilai tersebut didapatkan dengan menghubungkan kaki pada bagian substrat Si tipe-*n* dengan kaki pada bagian film tipis LiTaO₃ dan LNT berstruktur metal-ferroelektrik-semikonduktor (MFS) dengan ampermeter. Sedangkan Hubungan pengukuran untuk mendapatkan nilai tegangan maksimum (V_{oc}) juga dilakukan dengan cara yang sama namun pada pengukuran tersebut digunakan voltmeter. Potensiometer yang digunakan pada rangkaian ini membutuhkan hambatan berkisar antara 10 K Ω hingga 20 M Ω .

Hasil dan karakterisasi arus tegangan yang dilakukan pada prototipe sel surya LiTaO₃ dan LNT sesuai dengan karakterisasi sel surya pada umumnya dimana hubungan antara arus dan tegangan berbanding terbalik secara eksponensial. Artinya, ketika tegangan yang terukur voltmeter mengalami kenaikan maka besarnya nilai arus yang terukur pada ampermeter akan mengalami penurunan dan begitu pula sebaliknya.

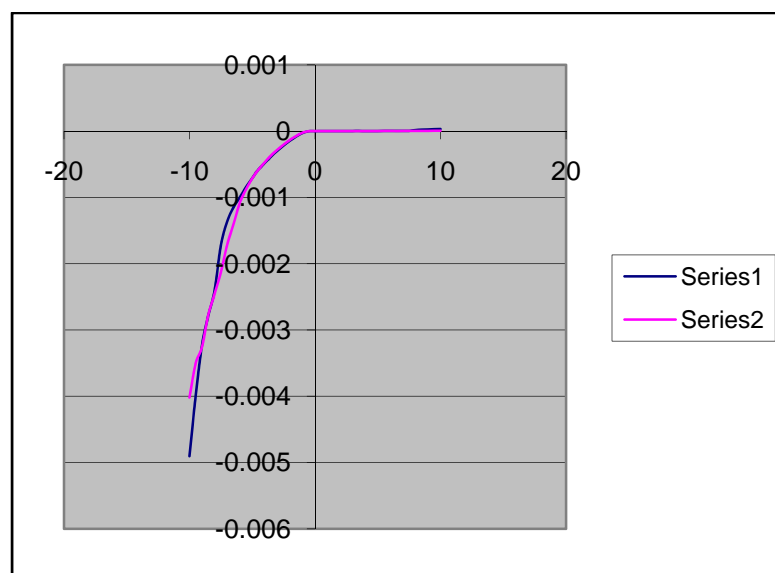
Gambar karakterisasi *I-V*, sebagai hubungan terbalik antara arus dan tegangan didapatkan dengan memvariasikan nilai potensiometer yang digunakan. Berdasarkan pada gambar 2.7 dan jika dihubungkan dengan hasil penelitian dapat dihitung besarnya daya maksimal dan nilai efisiensi dari prototipe sel surya LiTaO₃ dan LNT. Daya maksimal merupakan daya yang dihasilkan oleh prototipe sel surya LiTaO₃ dan LNT yang merupakan nilai terbesar dari hubungan arus dan tegangan yang teramati (luas daerah maksimum), sedangkan efisiensi

menunjukkan besarnya kemampuan untuk mengkonversi energi cahaya menjadi energi listrik saat sel surya disinari cahaya. Semakin tinggi efisiensi konversinya semakin baik pula sel surya tersebut. Dalam pembahasan selanjutnya diklasifikasikan berdasarkan suhu *annealing* (850°C, 900°C, 950°C dan 1000°C).

Karakterisasi arus-tegangan film tipis LNT yang dipreparasi pada suhu *annealing* 850°C

Gambar 4.2 menunjukkan kurva karakterisasi arus-tegangan pada film tipis murni dan penambahan konsentrasi bahan pendadah.

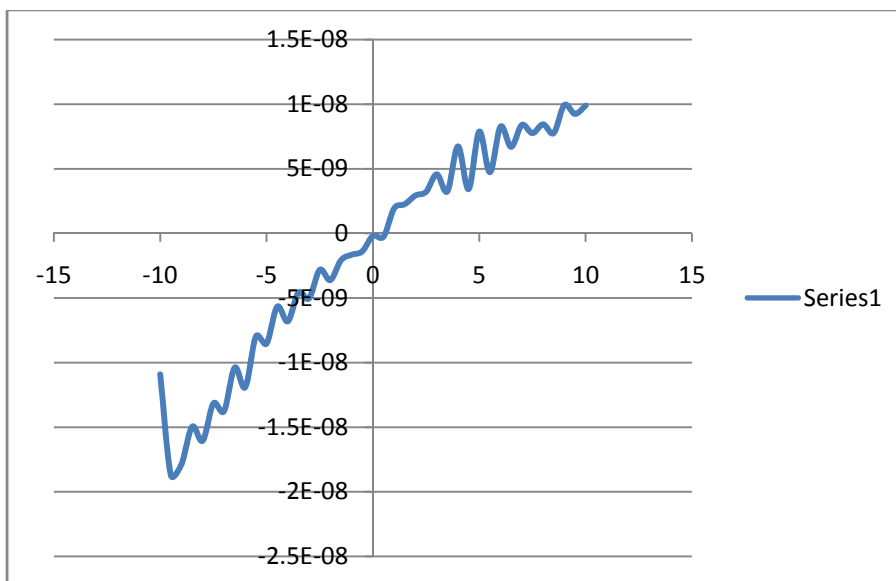
Pada karakterisasi *I-V* prototipe sel surya LiTaO₃ dan LNT dengan suhu *annealing* yang sama yakni 850°C didapatkan nilai efisiensi konversi berdasarkan persamaan 2.9, efisiensi konversi optimal sebesar 0.000318% yang dihasilkan dari prototipe sel surya. Jika dibandingkan dengan variasi penambahan konsentrasi bahan pendadah niobium yang berbeda pada suhu *annealing* tersebut, pengaruhnya menyebabkan mengecilnya nilai efisiensi. Hal ini karena dengan adanya penambahan prosentase pendadah maka akan menimbulkan cacat kristal dimana cacat kristal tersebut menyebabkan banyaknya ketakteraturan struktural yang menghalangi aliran elektron untuk berdifusi dari film tipis LiTaO₃ menuju substrat Si (100) tipe-*n* sehingga menyebabkan arus yang mengalir semakin menurun. Penurunan arus listrik sel surya menyebabkan menurunnya daya maksimum yang dihasilkan oleh sel surya (lihat persamaan 2.10) dan berdasarkan persamaan 2.9 hal ini menyebabkan nilai efisiensi konversi dari sel fotovoltaiik tersebut cenderung menurun.



Gambar 4.2 : Kurva Arus Tegangan LNT dengan Temperatur Anneal 850°C

Karakterisasi arus-tegangan film tipis LNT yang dipreparasi pada suhu *annealing* 900°C

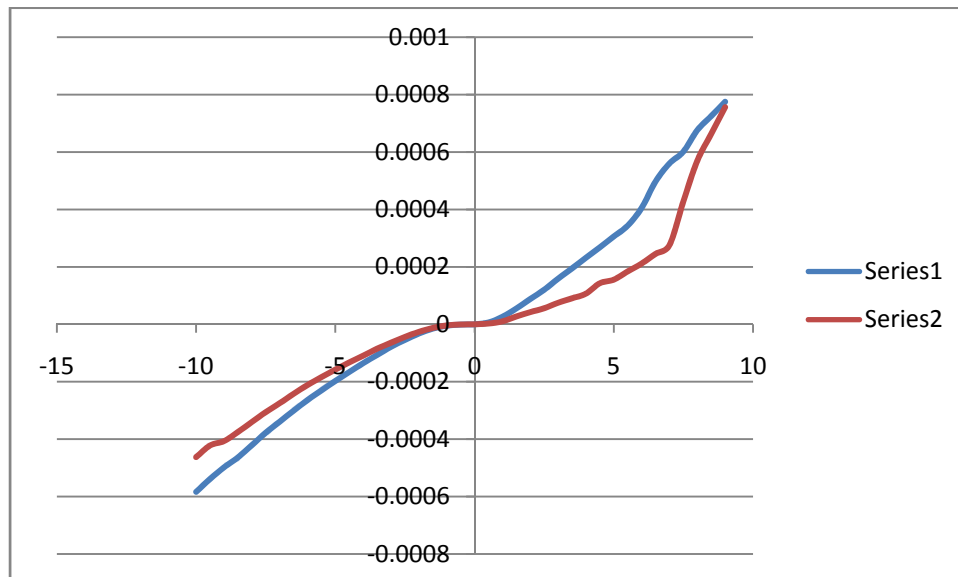
Gambar 4.3 menunjukkan kurva karakterisasi arus-tegangan pada film murni dan LNT dengan penambahan konsentrasi bahan pendadah. Pada karakterisasi prototipe sel surya dengan suhu *annealing* 900°C didapatkan nilai efisiensi konversi yang optimal yakni pada prototipe sel surya LNT. Peningkatan efisiensi terjadi pada prototipe sel surya LiTaO_3 dan LNT pada suhu *annealing* 900°C. Peningkatan efisiensi konversi pada sel surya yang di preparasi dengan suhu *annealing* 900°C berkaitan dengan konsentrasi bahan pendadah dimana penambahan ion pendadah *acceptor* menyebabkan peningkatan sifat kelistrikan film tipis ferroelektrik [9]. Hal ini disebabkan karena konsentrasi *hole* sebagai tempat bagi elektron bereksitasi semakin banyak sehingga dapat meningkatkan aliran difusi elektron yang sebanding dengan besarnya arus yang dihasilkan dari sel surya tersebut.



Gambar 4.3 : Kurva Arus Tegangan LNT dengan Temperatur Anneal 900°C

Karakterisasi arus-tegangan film tipis LNT yang dipreparasi pada suhu annealing 950°C

Gambar 4.4 menunjukkan kurva karakterisasi arus-tegangan pada LiTaO_3 dan LNT penambahan konsentrasi bahan pendadah. Diketahui dari penelitian sebelumnya bahwa bahan semikonduktor yang digunakan adalah Si (100) tipe- n dan bahan ferroelektrik LNT yang di *annealing* pada suhu 950°C merupakan film tipis tipe- n . Artinya ketika bahan ferroelektrik tersebut kita deposisikan di atas permukaan semikonduktor maka persambungan yang terjadi merupakan persambungan $n-n$. Hal ini menyebabkan tidak adanya aliran difusi elektron dan *hole* yang melintasi daerah deplesi.



Gambar 4.4 : Kurva Arus Tegangan LNT dengan Temperatur Anneal 950°C

Hasil penelitian ini secara umum diperoleh bahwa efisiensi dari semua prototipe sel surya memiliki orde maksimum 10^{-4} dan orde minimum 10^{-7} . Artinya kemampuan konversi sel surya tersebut dalam mengubah energi cahaya menjadi energi listrik baik. Kemampuan konversi energi ini dipengaruhi oleh beberapa hal di antaranya pengaruh lapisan yang berinteraksi langsung dengan energi cahaya, pengaruh kontak ohmik aluminium, dan ketebalan film tipis.

Pada literatur yang didapatkan tentang sel surya, bahwasannya energi cahaya dengan panjang gelombang yang sesuai umumnya akan menyinari daerah semikonduktor tipe- n sebagai lapisan yang berinteraksi langsung dengan cahaya, lapisan ini disebut juga sebagai '*window*

layer'. Interaksi antara energi cahaya yang memiliki panjang gelombang yang sesuai dengan lapisan semikonduktor tipe-*n* akan menghasilkan difusi elektron dari semikonduktor tipe-*n* menuju lapisan semikonduktor tipe-*p*. Dengan demikian menimbulkan aliran elektron yang menyebabkan adanya aliran arus listrik.

Pada penelitian ini digunakan sel surya dengan lapisan monolayer di mana '*window layer*' dari sel surya ini merupakan semikonduktor tipe-*p* dengan *hole* sebagai pembawa muatan mayoritas dan elektron sebagai muatan minoritasnya. Pada kondisi ini, energi foton memiliki kecenderungan untuk memberikan energi cukup bagi difusi *hole*, sehingga peningkatan difusi ini mengakibatkan terjadinya rekombinasi elektron *hole* lebih banyak. Pada sel surya tersebut sebagian elektron yang tidak berekombinasi dapat pindah menuju pita konduksi dan kemudian dapat menghasilkan arus listrik.

Lapisan yang berinteraksi dengan cahaya pada prototipe sel surya ini terdiri atas dua bagian dengan luasan yang berbeda yakni luasan lapisan film tipis tipe-*p* dan luasan substrat tipe-*n* yang relatif lebih kecil. Energi foton yang berinteraksi dengan sel surya lebih banyak menumbuk pada luasan film tipis tipe-*p* di mana pada lapisan ini diketahui bahwa elektron yang dapat menimbulkan aliran arus merupakan muatan minoritas. Elektron sebagai muatan minoritas akan berdifusi melawan aliran difusi minoritas *hole* dari substrat, hal ini menyebabkan terhambatnya aliran elektron sehingga penurunan arus tersebut akan berbanding lurus dengan penurunan efisiensi konversi sel surya.

Faktor lain yang mempengaruhi efisiensi konversi salah satunya dipengaruhi oleh kontak ohmik. Pengukuran arus-tegangan sel surya berstruktur Al/LNT/*n*-Si pada penelitian ini menggunakan kontak ohmik Al yang dibuat di atas permukaan substrat Si(100) tipe-*n*. Konsentrasi dari elektron pada substrat Si(100) tipe-*n* cenderung lebih rendah hal ini menyebabkan konduktivitas dari kontak ohmik yang dibuat kurang optimal [23].

Terdapat dua hal berkaitan Nilai Efisiensi konversi yang dipengaruhi oleh ketebalan film tipis. Pertama, peningkatan suhu *annealing* menyebabkan evaporasi atom-atom organik dari film tipis sehingga kerapatan struktur mikro dari film tipis semakin baik dan menyebabkan nilai konduktivitas listrik sel surya meningkat. Kedua, peningkatan suhu *annealing* menyebabkan ketebalan film tipis semakin menurun sehingga terjadi penyempitan lebar daerah difusi, akibatnya kecenderungan elektron untuk berdifusi lebih mudah dan menimbulkan arus listrik yang berkaitan dengan besarnya nilai efisiensi konversi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Telah berhasil ditumbuhkan film tipis LiTaO_3 dan $\text{LiTaO}_3\text{-Nb}_2\text{O}_3$ di atas substrat Si (100) tipe- n dengan menggunakan metode *chemical solution deposition* (CSD). Film tipis LiTaO_3 dan LNT merupakan bahan semikonduktor yang memiliki nilai konduktivitas listrik sekitar 30 S/m. Ketika film tipis ini dideposisi di atas permukaan Si (100) tipe- n , maka *devais* ini dapat menimbulkan persambungan p - n yang memungkinkan terjadinya difusi elektron dan *hole* yang menyebabkan arus saat diberikan energi tertentu seperti energi foton. Arus dan tegangan yang dihasilkan pada sel fotovoltaik cenderung menurun dengan penambahan bahan pendadah.

Penerapan dari piranti Al/ LiTaO_3 / n -Si adalah sebagai cikal bakal pembuatan protipe sel surya. *Devais* ini mampu membentuk kurva arus-tegangan sel surya.

Saran

Efisiensi sel dipengaruhi oleh ketebalan film tipis yang digunakan. Untuk mencapai efisiensi sel yang optimal, maka disarankan untuk mencoba menggunakan ketebalan film tipis kurang dari 1 μm . Keefektifan sel surya dapat saja dipengaruhi oleh radiasi termal dari lingkungan sekitar sehingga disarankan untuk mencari pengaruh radiasi termal terhadap efisiensi dan karakteristik resistansi-konduktivitas sel surya.

Karakteristik listrik dari Al/ LiTaO_3 / n -Si dan Al/ $\text{LiTaO}_3\text{-Nb}_2\text{O}_3$ / n -Si mengindikasikan bahwa piranti tersebut dapat menghantarkan arus dan tegangan pada suhu ruang sehingga disarankan pada penelitian selanjutnya piranti tersebut dapat diaplikasikan dalam pembuatan sel surya.

Jadwal Kegiatan

Jadwal kegiatan dirinci sesuai tampak dalam Tabel 3.3

Tabel 3.3. Jadwal kegiatan tahun 2009

No.	KEGIATAN/ PENANGGUNG JAWAB	BULAN KE									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Deposisi LiTaO ₃ pada substrat Si (100) tipe- <i>p</i> untuk menguji pengaruh suhu deposisi terhadap laju deposisi dan konduktivitas [Peneliti Utama]	■	■								
2.	Pembuatan sel surya [Peneliti Anggota]	■	■	■							
3.	Uji sifat ferreoelektrik,			■	■						
4.	Laporan Triwulan I [Tim Peneliti]			■	■	■					
5.	Optimasi deposisi LNT Si (100) tipe- <i>p</i> untuk menguji pengaruh suhu deposisi terhadap konduktivitas dan efisiensi sel surya [Peneliti Utama]				■	■					
7	Publikasi melalui seminar nasional di FMIPA IPB bulan Oktober				■	■	■				
9.	Laporan Tahap I [Tim Peneliti]						■				

DAFTAR PUSTAKA

- Fraden, J. and L. Jolla. 2000. *Infrared (IR) Thermometer*. US Patent No. 6,129,673, (October 10, 2000).
- Griffiths, D. J. 1995. *Introduction To Electrodynamics*, Prentice-Hall of India Private Limited.
- Imada, K., N. Takahiro and K. Osamu. 1998. *Pyroelectric IR Sensor*. US Patent No. 5,739,532, (April 14, 1998).
- Irzaman, Y. Darvina, A. Fuad, P. Arifin, M. Budiman, and M. Barmawi. 2003. *Physical and Pyroelectric Properties of Tantalum Oxide Doped Lead Zirconium Titanate [Pb_{0.9950}(Zr_{0.525}Ti_{0.465}Ta_{0.010})O₃] Thin Films and Its Application for IR Sensor*. *Physica Status Solidi (a)*, Germany, **199** (3), page 416 – 424.
- Irzaman, H. Darmasetiawan, M Hikam, P. Arifin, M. Budiman and M. Barmawi. 2003. *Pyroelectric Properties of Lead Zirconium Titanate (PbZr_{0.525}Ti_{0.475}O₃) Metal-Ferroelectric-Metal Capacitor and Its Application for IR Sensor*. Accepted for Presentation in the 3rd Asian Meeting on Electro Ceramic (AMEC-3) the Symposium E of International Conference on Materials for Advanced Technology (ICMAT2003), Singapore, December 7 – December 12,
- Irzaman, M. N. Indro dan R.I. Priatna. 2007. *Sifat Ferroelektrik Lapisan Tipis PZT dan PNZT yang Ditumbuhkan dengan Metode CSD*. *Jurnal Agritek IPM Malang*, **15**, no. 1, 157 - 164.
- Itskovsky, M.A. 1999. *Kinetics of Ferroelectric Phase Transition : Nonlinear Pyroelectric Effect and Ferroelectric Solar Cell*. *Jpn. J. Appl. Phys.* **38** (8), page 4812 – 4817.
- Jasruddin, D.M, W.W. Wenas, T. Winata and M. Barmawi. 2001. *Growth Study of n-Type Delta-Doped for p-i-n Solar Cell Application Based Amorphous Silicon and Its Alloy*. Proceedings of the International Conference on Electrical Electronics Communication and Information (CECI 2001), Jakarta, Indonesia, page MD42 – MD44.
- Kwok, K. N. 1995. *Complete Guide To Semiconductor Device*. McGraw-Hill, inc.,
- Lee, B.T, W.D. Kim, K.H. Lee, H.J. Lim, C.S. Kang, H. Hideki. *Electrical Properties of Sputtered BST Thin Films Prepared by Two Step Deposition Method*. *Journal of electronic Materials*. **28** (4), page L9 – L12.
- Neamen, D. A. 2001. *Electronic Circuit Analysis and Design*, New York. Mc Graw Hill, International Edition.
- Sunandar, C. 2006. *Penumbuhan Film Ba_xSr_{1-x}TiO₃ dan BaFeSrTiO₃ dan Observasi Sifat Ferroelektriknya*, *Skripsi, Departemen Fisika, Institut Pertanian Bogor*.
- Taniguchi, R., M. Ikara, T. Matsushima, H. Yagyu. 1997. *Pyroelectric Type Infrared Receiving and Infrared Sensor Utilizing The Same*. Europe Patent No. EP 0802402, (October 22, 1997).
- Tippler, P. A. 1991. *Physics for Scientist and Engineers*. Worth Publisher, Inc.,
- Uchino, K. 2000. *Ferroelectric Devices*. Marcel Dekker, Inc. New York. page 23.
- Washo, B.D. 1977. *Reology and Modelling of the Spin Coating Process*. IBM Res. Develop. page 190 – 198.
- Whitaker, T. 1998. *Focal Plane Arrays Fabricated from Compound Semiconductor Materials are at The Heart of Many Infrared Imaging Systems and Nigth Vision Cameras*. *Compound Semiconductor Spring II*, **4** (4), page 17 –23.
- Wu, N.J, Y.S. Chen, S. Dorderic, A. Ignatiev. 1997. *Pyroelectric IR Sensor Based on Oxide Heterostructures on Si (100) and LaAlO₃ (100) Substrates*. Proceeding Third International Conference on Thin Film Phisics and Applications. SPIE Vol. **3175**, page 256 – 261.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Biodata Peneliti Utama

Nama Lengkap : Drs. R.Aam Hamdani MT
NIP : 19660111 199101 1 001
Tempat/Tanggal Lahir : Cianjur, 11 Januari 1966
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Pangkat/Jabatan/Golongan : Pembina /Lektor Kepala/IVa
Bidang Keahlian : Material Teknik
Kantor/Unit Kerja : Jurusan Pendidikan Teknik Mesin
FPTK UPI
Alamat Kantor : Jalan Setiabudi no 229 Bandung
Alamat Rumah : Jalan Rd. Ganda II no 114 Gunung Batu
Cimindi Bandung
Telp : (022) 6656644

Pendidikan :

No.	Perguruan Tinggi	Kota/Negara	Tahun Lulus	Bidang Studi
1.	Jurusan Pendidikan Teknik Mesin IKIP Bandung (S1)	Bandung/Indonesia	1990	Pendidikan Teknik mesin
2.	Departemen Teknik Mesin FTI ITB (S ₂)	Bandung/Indonesia	1998	Teknik Produksi dan Pembentukan Material

Pengalaman Riset :

Institusi	Jabatan	Judul Riset	Tahun Sumber Dana
DIK Lemlit UPI	Anggota	Perbandingan Sifat dan karakterisasi terhadap Dua Jenis Material HSS	1998
DIK Lemlit UPI	Ketua	Karakterisasi Material HSS dengan XRD dan SEM	1999
DIK Lemlit UPI	Anggota	Parameter Pembubutan	2000
DIK Lemlit UPI	Ketua	Analisis Perubahan Sifat Mekanik dan Struktur Akibat Perlakuan Panas terhadap Sambungan Susut	2004

Hibah Pekerti	Ketua	Sintesis Film Tipis Bahan Ferroelektrik $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$ yang Didadah Galium dan Niobium (BGNST) serta Penerapannya pada <i>Dynamic Random Access Memory</i> (DRAM)	2006 – 2007
Hibah Penelitian Strategi Nasional	Ketua	Pembuatan Sel Surya Berbasis Ferroelektrik $LiTaO_3$ dengan Metode <i>Spin Coating</i> Sebagai Pembangkit Listrik Ramah Lingkungan	2009
Hibah Penelitian Publikasi Internasional	Ketua	Electrical Conductivity and Surface Roughness Properties of Ferroelectric Gallium Doped $Ba_{0,5}Sr_{0,5}TiO_3$ (BGST) Thin Films	2009

Publikasi Nasional :

No.	KARYA ILMIAH
1	R.A. Hamdani Perbandingan dua Jenis Material pahat HSS mengenai umur pahat dan Karakteristik metalurginya, Jurnal Ilmiah TORSI, 2000
2	R.A. Hamdani. <i>SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO BAJA PERKAKAS AISI D3 PADA BEBERAPA KONDISI PERLAKUAN PANAS.</i> Jurnal TMI UK Maranatha, 2, 56-65 (2002).
3	R.A. Hamdani. <i>Variabel-variabel proses pembubutan (Hubungan dan Implementasinya).</i> Jurnal TMI UK Maranatha, 3, 8-14 (2003).
4	R.A. Hamdani, M. Komaro, Z.A. Mas'ud, Irzaman, dan Cucu. <i>SINTESA FILM $BA_xSR_{1-x}TiO_3$ DAN KARAKTERISASI SIFAT FERROELEKTRIK DAN KRISTALNYA.</i> Seminar Nasional Keramik V, Balai Besar Keramik Bandung, 1-7 (2006).
5	R.A. Hamdani , Noerati , <i>Sintesa turunan kitosan sebagai bahan pengikat logam,</i> Jurnal TMI UK Maranatha, 2007
6	R.A. Hamdani, M. Komaro, Irzaman, A.C.W. Utami, A. Maddu. <i>STUDI SEL FOTOVOLTAIK BERBASIS FERROELEKTRIK $Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO_3$ YANG DIDADAH TANTALUM (BTST) DI ATAS SUBSTRAT Si (100) TIPE-P.</i> Jurnal Agritek IPM Malang, 15 , no. 4, 15 – 21 (2007).
7	M. Komaro, R.A. Hamdani, Irzaman, A. Marwan, A. Arief. <i>UJI KONDUKTIVITAS LISTRIK FILM TIPIS FERROELEKTRIK BGST STRUKTUR METAL FERROELEKTRIK METAL (MFM).</i> Jurnal Agritek IPM Malang, 15 , no. 4, 59 – 66 (2007).

Publikasi Internasional :

No.	KARYA ILMIAH
1.	R.A. Hamdani, M Komaro, Irzaman, S. Hadi, Z Jamal. <i>Atomic force microscopy nanoscale study of Barium Strontium Titanate ($Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO_3$) thin film on p-type Si (100) substrate.</i> (Submit at Material Chemistry and Physics Journal)

Demikian biodata ini kami buat dengan sebenar-benarnya.

Bandung, Nopember 2009

Drs. R.Aam Hamdani M.T
NIP 19660111 199101 1 001

Lampiran 2. Biodata Peneliti Anggota

Nama Lengkap : Drs. Mumu Komaro, MT
 NIP : 131 975 870
 Tempat/Tanggal Lahir : Garut, 3 Mei 1966
 Jenis Kelamin : Pria
 Pangkat/Golongan : Penata Tingkat I/III d
 Jabatan : Lektor Kepala
 Bidang Keahlian : Teknik Material
 Kantor/Unit Kerja : Jurusan Pendidikan Teknologi dan Kejuruan
 FPTK UPI
 Alamat Kantor : Jl. Setiabudhi no.229 Bandung
 Alamat Rumah : Jl. Komplek Puri Cipangeran Indah 2 Blok D
 12/12A Cimahi Bandung
 Telp : (022) 70131107

Pendidikan

No	Perguruan Tinggi	Kota/Negara	Tahun Lulus	Bidang Studi
1.	Jurusan Pendidikan Teknik Mesin IKIP Bandung (S ₁)	Bandung/Indonesia	1991	Pendidikan Teknik Mesin
2.	Departemen Teknik Material FTI ITB (S ₂)	Bandung/Indonesia	2000	Teknik Material

Pengalaman Riset

Institusi	Jabatan	Judul Riset	Periode Kerja
DIK Lemlit UPI	Ketua	<i>Balancing Rotor Turbine Engine Garret 331</i>	1990
DIK Lemlit UPI	Ketua	Karakterisasi Bahan Keramik dari Daerah Cianjur dan Garut	2000
DIK Lemlit UPI	Anggota	Karakterisasi dan Kekuatan Lentur Keramik Bersenyawa Monmorillonit	2001
DIK Lemlit UPI	Anggota	Massa Jenis dan Porositas Keramik Bersenyawa Monmorillonit	2002
Hibah Pekerti, DP2M Dikti	Anggota	Sintesis Film Tipis Bahan Ferroelektrik Ba _x Sr _{1-x} TiO ₃ yang Didadah Galium dan Niobium (BGNST) serta Penerapannya pada <i>Dynamic Random Access Memory</i> (DRAM)	2006 - 2007
Hibah Penelitian Strategi Nasional	Anggota	Pembuatan Sel Surya Berbasis Ferroelektrik LiTaO ₃ dengan Metode <i>Spin Coating</i> Sebagai Pembangkit Listrik Ramah Lingkungan	2009

Hibah Penelitian Publikasi Internasional	Anggota	Electrical Conductivity and Surface Roughness Properties of Ferroelectric Gallium Doped $Ba_{0,5}Sr_{0,5}TiO_3$ (BGST) Thin Films	2009
--	---------	---	------

Publikasi Nasional :

No	Karya Ilmiah	Keterangan
1	R.A. Hamdani, M. Komaro , Irzaman, A.C.W. Utami, A. Maddu. 2007. <i>Studi Sel Fotovoltaik Berbasis Ferroelektrik BST yang Didadah Tantalum (BSTT) di atas Substrat Si (100) Tipe-p</i> Jurnal Agritek IPM Malang, 15 (4), page 896 – 904	Jurnal Nasional Terakreditasi
2	M. Komaro , R.A. Hamdani, Irzaman, A. Marwan, A. Arif. 2007. <i>Uji Konduktivitas Listrik Film Tipis Ferroelektrik BSGT Struktur Metal Ferroelektrik Metal (MFM)</i> . Jurnal Agritek IPM Malang, 15 (4), page 970 – 973.	Jurnal Nasional Terakreditasi
3	R.A. Hamdani, M. Komaro , Cucu, Irzaman dan Hanedi, 2007 <i>Sintesa Film BST dan Karakterisasi Sifat Ferroelektrik dan Kristalnya</i> . Prosiding Seminar Keramik Nasional V, Balai Besar Industri Keramik Bandung, Departemen Perindustrian dan Perdagangan, 5 , page 1 – 15	Prosiding

Publikasi Internasional

No.	KARYA ILMIAH
1.	R.A. Hamdani, M Komaro , Irzaman, S. Hadi, Z Jamal. <i>Atomic force microscopy nanoscale study of Barium Strontium Titanate ($Ba_{0,5}Sr_{0,5}TiO_3$) thin film on p-type Si (100) substrate</i> . (Submit at Material Chemistry and Physics Journal)

Demikian biodata ini kami buat dengan sebenar-benarnya.

Hormat kami,

Drs. Mumu Komaro, MT
NIP 131 975 870

RUT IX	Anggota	Penumbuhan Film Tipis Berbasis Bahan Pyroelektrik $PbZr_{1-x}Ti_xO_3$ dengan Metode <i>Spin Coating</i> dan Penerapannya Sebagai Sensor Infra Merah.	2002 – 2004
Hibah Bersaing XI	Anggota	Uji Sifat Optik Film Tipis Tantalum Oksida (Ta_2O_5) yang Ditumbuhkan dengan Metode <i>Spin Coating</i> .	2003 – 2005
Penelitian Dasar – DIKTI	Anggota	Pengaruh suhu <i>annealing</i> pada film tipis tantalum oksida (Ta_2O_5) yang ditumbuhkan dengan metode <i>spin coating</i> .	2003 – 2004
RUT XI	Anggota	Pembuatan Sel Surya Berbasis Film Tipis Bahan Pyroelektrik $BaTiO_3$ yang Didadah Galium dan Tantalum (BGTT)	2004 – 2006
Hibah Pekerti	Anggota	Pembuatan Transformer Berbasis Keramik Ferroelektrik $PbZr_{0,52}Ti_{0,48}O_3$	2004 - 2005
RUT XII	Ketua	Pembuatan Sel Surya Berbasis Film Tipis Bahan Pyroelektrik $PbZr_xTi_{1-x}O_3$ yang Didadah Galium dan Niobium (PGNZT)	2005 – 2006

Publikasi Nasional :

No.	KARYA ILMIAH
1.	Irzaman dan M. Hikam. <i>Analisis Material Ferroelektrik dengan Metode Rietveld (Studi Kasus KH_2PO_4)</i> . Prosiding Pertemuan Ilmiah Sains Materi II BATAN. Serpong, 421 – 425 (1997).
2.	Irzaman dan M. Hikam. <i>Studi Polarisasi Spontan Bahan Ferroelektrik KH_2PO_4 dengan Model Rietveld</i> . Buletin Kimia nomor 13, Jurusan Kimia FMIPA IPB Bogor, 1 – 7 (1998).
3.	Irzaman dan K. Dahlan. Laporan Kegiatan : <i>Karakterisasi Struktur Mikro dari Pembuatan Film Tipis Bahan Ferroelektrik $PbTiO_3$ dengan Metode Sputtering sebagai Sensor Infra Merah</i> . Dibiayai Proyek Penelitian Ilmu Pengetahuan Dasar dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Nomor : 10/P2IPD/DPPM/VI/1999, Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat, Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta, (1999).
4.	Irzaman , A. Fuad dan M. Barmawi. <i>Penumbuhan Film Tipis $PbTiO_3$ dengan Metode DC Unbalanced Magnetron Sputtering (DC UBMS)</i> . Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan 1999, Serpong, 196 –199 (1999).

Lanjutan Publikasi Nasional :

No.	KARYA ILMIAH
5.	Irzaman , A. Fuad, P. Arifin dan M. Barmawi. <i>Spontaneous Polarization Pyroelectric PbTiO₃</i> . Proceedings Industrial Electronics Seminar (IES). ITS Surabaya, Vol. 1 , 221 – 225 (1999).
6.	Irzaman , I. Sumpono, R.A. Sani, T. Saragih, M. Budiman, P.Arifin dan M. Barmawi. <i>Analisis Energi Panas dari Pembuatan Heater (Pemanas) Pada Reaktor DC Unbalanced Magnetron Sputtering</i> . Prosiding Electric, Control, Communication and Information Seminar (ECCIS), Universitas Brawijaya Malang, B.97 – B.100 (2000).
7.	Irzaman , A. Fuad, P. Arifin, M. Budiman dan M. Barmawi. <i>Analisis Strain Mikro dan Grain Size Bahan Pyroelektrik PbTiO₃</i> . Prosiding Simposium Fisika Nasional XVIII, Serpong, 295 – 302 (2000).
8.	M.N. Indro, H. Darmasetiawan, S. Giat dan Irzaman. Laporan Akhir Penelitian: <i>Growth and Characterization Thin Films Capacitor Dielectric Material with High Dielectric Constant</i> . Domestic Collaborative Research Grant (DCRG), Proyek Penelitian Untuk Pengembangan Pascasarjana/URGE dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Nomor kontrak : 011/DCRG/URGE/2000, Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional, (2001).
9.	Irzaman , M. Hikam, M. Barmawi, W. Loeksmanto. <i>Analisis Struktur Kristal dan FWHM dengan Metode Rietveld (Studi Kasus : Kalsit (CaCO₃))</i> . Jurnal Kontribusi Fisika Indonesia. ITB Bandung, 11 (2), 41 – 45 (2000).
10.	N.A.K. Umiati, Irzaman , M. Budiman, M. Barmawi. <i>Efek Annealing pada Penumbuhan Film Tipis Ferroelektrik PbZr_{0,625}Ti_{0,375}O₃</i> . Jurnal Kontribusi Fisika Indonesia. ITB Bandung, 12 (4), 94 – 98 (2001).
11.	H. Darmasetiawan, Irzaman , M. Nur Indro, S. G. Sukaryo, M Hikam, Na Peng Bo. <i>Effect of Annealed Duration for Growth Ta₂O₅ Thin Films on Si (100) and Si (100)/Pt (200) Substrates Using Chemical Solution Deposition (CSD) Method</i> . Jurnal Kontribusi Fisika Indonesia, Jurusan Fisika FMIPA ITB Bandung, 13, (1), 23 – 26 (2002).
12.	Irzaman , A. Fuad, P. Arifin, M. Budiman, M. Barmawi. <i>Pyroelectric Properties of Tantalum Oxide Doped Lead Zirconium Titanate (PTZT) Thin Films Grown by DC Unbalanced Magnetron Sputtering and Its Application for IR Sensor</i> . Prosiding Simposium Fisika Nasional, Jurusan Fisika FMIPA ITS Surabaya, 2, 80 – 84 (2002).
13.	H. Darmasetiawan, Irzaman , M. Nur Indro, S. G. Sukaryo, M Hikam, Na Peng Bo. <i>Structure and Lattice Constants Analysis of Crystalline Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO₃ Thin Films by Chemical Solution Deposition (CSD) method</i> . Prosiding Simposium Fisika Nasional, Jurusan Fisika FMIPA ITS Surabaya, 2, 73 – 75 (2002).
14.	M. Nur Indro, H. Darmasetiawan, Irzaman , S. G. Sukaryo, M Hikam, Na Peng Bo. <i>C-V Properties of Crystalline Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO₃ Thin Films by Chemical Solution Deposition (CSD) method</i> . Prosiding Simposium Fisika Nasional, Jurusan Fisika FMIPA ITS Surabaya, 2, 85 – 87 (2002).
15.	S.H. Pratama, H. Darmasetiawan, Irzaman , Na Peng Bo. <i>Carrier Transport Mechanism Trough Thin ZnSe Films Deposited by Thermal Evaporation</i> . Prosiding Simposium Fisika Nasional, Jurusan Fisika FMIPA ITS Surabaya, 2, 112 – 117

	(2002).
16.	E. Musyafaah, Irzaman , E. Kartini, S. Suminta. <i>Structure and Thermo; Measurement on The Superionic Conducting $Ag_2S-AgPO_3$ Glass System</i> . Prosiding Simposium Fisika Nasional, Jurusan Fisika FMIPA ITS Surabaya, 2, 69 – 72 (2002).
17.	P.B. Seto, Irzaman , E. Kartini, S. Suminta. <i>Synthesis, Electrical Properties and Physical Properties for Superionic Conductor Glasses Based of $(Ag_2S)_x(AgPO_3)_{1-x}$</i> . Prosiding Simposium Fisika Nasional, Jurusan Fisika FMIPA ITS Surabaya, 2, 96 – 100 (2002).
18.	Santiani, Irzaman , S. Purnama, A. Sitompul. <i>Physical and Electrical Properties of MgO Doped β-Alumina Ceramic</i> . Prosiding Simposium Fisika Nasional, Jurusan Fisika FMIPA ITS Surabaya, 2, 107 – 111 (2002).
19.	S. Nurhasanah, Irzaman , A. Arslan. <i>Drying Process of Marble Composite and Its Physical Properties</i> . Prosiding Simposium Fisika Nasional, Jurusan Fisika FMIPA ITS Surabaya, 2, 118 – 123 (2002).
20.	Irzaman , Y. Darvina, A. Fuad, P. Arifin, M. Budiman, M. Barmawi. <i>Voltage Responsivity of Tantalum Oxide Doped Lead Zirconium Titanate (PTZT) Thin Films and Its Application for IR Sensor</i> . Prosiding Simposium Fisika Nasional, Himpunan Fisika Indonesia (HFI) Pusat, Universitas Udayana Bali (2002).
21.	H. Darmasetiawan, Irzaman, M Hikam, Na Peng Bo. <i>Analysis of Refractive Indices and Films Thickness of Crystalline Ta_2O_5 Thin Films</i> . Prosiding Simposium Fisika Nasional, Himpunan Fisika Indonesia (HFI) Pusat, Universitas Udayana Bali (2002).
22.	Y. Sudiana, Irzaman, H. Darmasetiawan, S. Nurhasanah, A. Arslan. <i>Structure Analysis of Citatah's Natural Calcite Using Rietveld Method</i> . Prosiding Simposium Fisika Nasional, Himpunan Fisika Indonesia (HFI) Pusat, Universitas Udayana Bali (2002).
23.	Irzaman, Y. Darvina, A. Fuad, H. Sutanto, P. Arifin, M. Budiman, M. Barmawi. <i>C-V Properties of Lead Zirconium Titanate ($PbZr_{0.525}Ti_{0.475}O_3$) Thin Films</i> . Prosiding Seminar Keramik Nasional, Balai Besar Industri Keramik Bandung, Departemen Perindustrian dan Perdagangan, 1 – 9 (2002).
24.	H. Darmasetiawan, Irzaman, M Hikam, T. Yogaraksa. <i>Growth of Lead Zirconium Titanate ($PbZr_{0.525}Ti_{0.475}O_3$) Thin Films Using Chemical Solution Deposition (CSD) Method</i> . Prosiding Seminar Keramik Nasional, Balai Besar Industri Keramik Bandung, Departemen Perindustrian dan Perdagangan, 10 – 16 (2002).
25.	Y. Darvina, Irzaman, A. Fuad, H. Sutanto, P. Arifin, M. Budiman, M. Barmawi. <i>Crystalline Structure Analysis of Tantalum Oxide (Ta_2O_5) doped Lead Zirconium Titanate ($PbZr_{0.525}Ti_{0.475}O_3$) Ceramic</i> . Prosiding Seminar Keramik Nasional, Balai Besar Industri Keramik Bandung, Departemen Perindustrian dan Perdagangan, 17 – 1 25 (2002).
26.	Y. Sudiana, Irzaman, H. Darmasetiawan, M. Hikam. <i>Analisis Struktur Kristal Bahan Semikonduktor Silikon dengan Metode Rietveld</i> . Accepted for Publication to Prosiding Seminar Keramik Nasional, Balai Besar Industri Keramik Bandung, Departemen Perindustrian dan Perdagangan, 67 – 75 (2002).
27.	S. Nurhasanah, Irzaman, A. Arslan. <i>Pembuatan dan Karakterisasi Komposit Partikel Marmer sebagai Bahan Tegel Komposit</i> . Prosiding Seminar Keramik Nasional, Balai Besar Industri Keramik Bandung, Departemen Perindustrian dan Perdagangan, 131 – 141 (2002).

28.	T. Y. Raksa, M. Hikam, H. Darmasetiawan, Irzaman. <i>Studi Teoritik Penentuan Ketebalan Lapisan Tipis PZT pada Proses Spin Coating</i> . Prosiding Pertemuan Ilmiah IPTEK Bahan'02, P3IB, Batan Serpong, 138 – 141 (2002).
29.	H. Darmasetiawan, Irzaman, T. Y. Raksa, M. Hikam. <i>Effect of Angular Velocity for Growing PZT Thin Films on Si (100) and Pt (200)/SiO₂/Si (100) Substrates Using Chemical Solution Deposition (CSD) Method</i> . Prosiding Pertemuan Ilmiah IPTEK Bahan'02, P3IB, Batan Serpong, 188 – 191 (2002).
30.	Irzaman, Azizahwati, A. Fuad, P. Ariffin, M. Budiman and M. Barmawi. <i>Surface Morphology of PZT Films</i> . Prosiding Pertemuan Ilmiah IPTEK Bahan'02, P3IB, Batan Serpong, 205 – 209 (2002).
31.	M. Hikam, T. Y. Raksa, H. Darmasetiawan, Irzaman. <i>Studi Kekristalan PZT yang Disiapkan dengan Pelapisan Putar (Spin Coating)</i> Jurnal Sains Materi Indonesia, P3IB, Batan Serpong, 4 (1), 16 – 19 (2002).
32.	Irzaman, H. Darmasetiawan, M. Hikam, M. Barmawi. <i>Micro Strain and Nano Particle Analysis of PbZr_{0.525}Ti_{0.475}O₃ (PZT) Ceramic and Thin Film</i> . Proceeding Seminar Neutron and X-ray, P3IB, Batan Serpong, 97 – 101 (2003).
33.	H. Darmasetiawan, Irzaman, M. Hikam. <i>Micro Strain and Grain Size Analysis of Tantalum Oxide (Ta₂O₅) Thin Films</i> . Proceeding Seminar Neutron and X-ray, P3IB, Batan Serpong, 117 – 120 (2003).
34.	M. Hikam, H. Darmasetiawan, Irzaman. <i>Karakterisasi Struktur Lapisan Tipis PZT dengan Teknik SEM dan XRD</i> . Proceeding Seminar Neutron and X-ray, P3IB, Batan Serpong, 66 – 69 (2003).
35.	Irzaman, Y. Darvina, P. Arifin, M. Budiman, M. Barmawi. <i>Micro Strain and Particle Size Analysis of Tantalum Oxide Doped PbZr_{0.525}Ti_{0.475}O₃ (PTZT) Ceramic</i> . Accepted for Publication to Prosiding Seminar Keramik Nasional, Balai Besar Industri Keramik Bandung, Departemen Perindustrian dan Perdagangan, (2003).
36.	Irzaman, Y. Darvina, P. Arifin, M. Budiman, M. Barmawi. <i>Lattice Constants Analysis of Tantalum Oxide Doped Lead Zirconium Titanate Ceramic by Delphi Program</i> . Proceeding of 2003 Annual Physics Seminar, Department of Physics FMIPA ITB Bandung, 110 – 111 (2003).
37.	H. Darmasetiawan, Irzaman, Siswadi, M. Hikam. <i>Micro Strain and Particle Size Analysis of Tantalum Oxide (Ta₂O₅) Thin Films on Pt (200)/SiO₂/Si (100) Substrate</i> . Proceeding of 2003 Annual Physics Seminar, Department of Physics FMIPA ITB Bandung, 24 – 25 (2003).
38.	I. Bukhari, E. Riswayanti, I. Iqqbal, V. Fandholi, B. Irawan dan Irzaman. <i>Analisa Protokol Keamanan Authentication Header (AH) dan Encapsulating Security Payload (ESP) pada Layer IP untuk Protokol Jatingan IPv4</i> . Proceeding Seminar Instrumentasi Berbasis Fisika, Jurusan Fisika FMIPA ITB Bandung, 105 – 108(2003).
39.	J. Weidiapputra, G. Nursanti, I. Maliki, S. Wisnubroto, B. Irawan dan Irzaman. <i>Analisa dan Implementasi Teknologi Bluetooth pada Local Area Network dengan Konsep Hubungan PC to PC</i> . Proceeding Seminar Instrumentasi Berbasis Fisika, Jurusan Fisika FMIPA ITB Bandung, 116 – 119 (2003).
40.	T. Asary, Asrianto, R. Irawan, D.T. Ismanto, B. Irawan dan Irzaman. <i>Studi Komparatif antara Teknologi Bluetooth dan Teknologi Infrared Device Adapter (IrDA) pada Local Area Network (LAN)</i> . Proceeding Seminar Instrumentasi

<p>Berbasis Fisika, Jurusan Fisika FMIPA ITB Bandung, 120 – 123 (2003).</p>

Publikasi Internasional :

No.	KARYA ILMIAH
1.	Irzaman , Y. Sudiana dan M. Hikam. <i>Structure Analysis of Calcite Powder Using Rietveld Method</i> . Proceedings Third Workshop on Electro Communication and Information (WECI III), ITB Bandung, 4.40 – 4.43 (1999).
2.	N.A.K Umiati and Irzaman . <i>The Plasma Power Effects of Crystal Structure PbZr_{0.62,5}Ti_{0.37,5}O₃ Thin Films Deposited by dc Unbalanced Magnetron Sputtering Method</i> . Proceedings 1 st Kentingan Physics Forum International Seminar, Department of Physics FMIPA Sebelas Maret University, Surakarta-Indonesia, 2 (2), 99 – 104 (2001).
3.	Irzaman , H. Darmasetiawan, M.N. Indro, S. G. Sukaryo, M. Hikam, N.P. Bo, and M. Barmawi, <i>Electrical Properties of Crystalline Ba_{0,5}Sr_{0,5}TiO₃ Thin Films</i> . Proceeding in International Conference on Materials for Advances Technology (ICMAT), Materials Research Society, Singapore, July 1 – 6, (2001).
4.	Irzaman , A. Fuad, and M. Barmawi. <i>Spectral Response of Al/Si Photodiodes for IR Sensor</i> . Proceeding Instrumentation, Measurement, and Communications for The Future, Indonesian German Conference (IGC), Bandung, 340 – 342 (2001).
5.	H. Darmasetiawan, Irzaman, M.N. Indro, S. G. Sukaryo, M. Hikam and Na Peng Bo. <i>Optical Properties of Crystalline Ta₂O₅ Thin Films</i> . Physica Status Solidi (a), Germany, 193 (1), 53 – 60 (2002).
6.	Irzaman, Y. Darvina, A. Fuad, P. Arifin, M. Budiman, and M. Barmawi. <i>Physical and Pyroelectric Properties of Tantalum Oxide Doped Lead Zirconium Titanate [Pb_{0.9950}(Zr_{0.525}Ti_{0.465}Ta_{0.010})O₃] Thin Films and Its Application for IR Sensor</i> . Physica Status Solidi (a), Germany, 199 (3), 416 – 424 (2003) .
7.	H. Darmasetiawan, Irzaman, M Hikam, T. Yogaraksa, M. Barmawi. <i>Electrical Properties of Lead Zirconium Titanate (PbZr_{0.525}Ti_{0.475}O₃) Metal-Ferroelectric-Semiconductor (MFS) Structure</i> . Presented in International Conference on Materials for Advances Technology (ICMAT), Materials Research Society, Singapore, December 7 - 12 (2003).
8.	Irzaman, H. Darmasetiawan, M Hikam, P. Arifin, M. Budiman, and M. Barmawi. <i>Pyroelectric Properties of Lead Zirconium Titanate (PbZr_{0.525}Ti_{0.475}O₃) Metal-Ferroelectric-Metal Capacitor and Its Application for IR Sensor</i> . Presented in International Conference on Materials for Advances Technology (ICMAT), Materials Research Society, Singapore, December 7 - 12 (2003).
9.	M Hikam, T.Y. Raksa, Irzaman and H. Darmasetiawan. <i>Crystallographic Properties of Lead Zirconium Titanate (PbZr_{0.525}Ti_{0.475}O₃) Thin Films Prepared by Spin Coating Method</i> . Presented in the 3 rd Asian Meeting on Electro Ceramic (AMEC-3) the symposium E of International Conference on Materials for Advanced Technology (ICMAT2003), Singapore, December 7 - 12, (2003).
10.	Y.T. Raksa, M. Hikam, Irzaman , H. Darmasetiawan. <i>Rietveld Analysis of Ferroelectric PbZr_{0.525}Ti_{0.475}O₃ Thin Films</i> . Ceramics International, 30 , page 1483 – 1485 (2004).

11.	H. Darmasetiawan, K. Abdullah, Irzaman and Cari. <i>Growth of Tantalum and Galium Doped Barium Titanate Thin Films By Chemical Solution Deposition (CSD) Method and Its Application for Fill Factor of Solar Cell. Presented in World Renewable Energy Regional Congress and Exhibition, (2005)</i>
------------	---

Keanggotaan dalam Organisasi Profesi :

No.	Organisasi Profesi	Jabatan
1.	Himpunan Fisika Indonesia (HFI) Pusat	Wakil Ketua bidang Litbang
2.	Himpunan Fisika Indonesia (HFI) Cabang Jakarta	Anggota aktif
3.	Masyarakat Material Indonesia (MMI)	Anggota aktif
4.	Himpunan Biofisika dan Fisika Medis Indonesia Cabang Jakarta	Anggota aktif

Demikian biodata ini kami buat dengan sebenar-benarnya.

Hormat kami,

Dr. Ir. Irzaman, M.Si
NIP 132 133 395

Lampiran 4. Justifikasi Anggaran

Rekapitulasi biaya

No.	Uraian	Tahun 2009 (Rp)
1.	Gaji dan Upah	28.000.000,-
2.	Bahan Habis Pakai	40.500.000,-
3.	Peralatan	4.200.000,-
4.	Perjalanan	11.500.000,-
5.	Laporan dan Publikasi	2.500.000,-
6.	Lain-lain	3.300.000,-
	Jumlah	90.000.000,-

Rincian Anggaran Tahun 2009

1. Gaji dan Upah

No.	Pelaksana Kegiatan	Jumlah	Jumlah minggu	Jumlah Jam/Minggu	Honor/Jam (Rp)	Biaya (Rp)
1.	Koordinator Kegiatan/ Peneliti Utama	1	40	20	17500	14.000.000
2.	Peneliti Anggota	2	40	10	17500	14.000.000
	Jumlah					28.000.000,-

2. Bahan Habis Pakai :

No.	Nama Bahan	Volume	Biaya Satuan (Rp)	Biaya (Rp)
1.	Metoksi etanol	2 botol	3.000.000,-	6.000.000,-
2.	Litium asetat	2 botol	3.000.000,-	6.000.000,-
3.	Niobium isopropoksida	2 botol	2.500.000,-	5.000.000,-
4.	Tantalum oksida	1 botol	2.500.000,-	2.500.000,-
5.	Niobium oksida	1 botol	2.500.000,-	2.500.000,-
6.	Gelas <i>corning</i>	1 set	7.000.000,-	7.000.000,-
7.	Substrat Si (100)	2 set	3.500.000,-	7.000.000,-
8.	Pembersih substrat	1 set	1.500.000,-	1.500.000,-
9.	<i>Toner printer</i>	3 set	500.000,-	1.500.000,-
10.	ATK	1 set	1.500.000,-	1.500.000,-

	Jumlah Biaya	40.500.000,-
--	--------------	--------------

3. Peralatan :

No.	Nama Bahan	Volume	Biaya Satuan (Rp)	Biaya (Rp)
1.	Desikator elektronik	1 set	1.200.000,-	1.200.000,-
3.	Tabung gas oksigen Ultra High Purity (UHP) dan regulatornya	1 botol	1.500.000,-	1.500.000,-
4.	Tabung gas nitrogen UHP dan regulatornya	1 botol	1.500.000,-	1.500.000,-
	Jumlah Biaya			4.200.000,-

4. Perjalanan :

No.	Kota/Tempat Tujuan	Volume	Biaya Satuan	Biaya
1.	Perjalanan seminar/lokakarya nasional	1 peneliti pulang pergi	2.500.000,-	2.500.000,-
1.	Perjalanan lokal untuk penelitian	3 peneliti x 30 kali pulang pergi	50.000,-	4.500.000,-
2.	Bandung – Bogor untuk penelitian (karakterisasi ferroelektrik, XRD, SEM/EDAX, membuat kontak)	3 peneliti x 5 kali pergi pulang (selama 2 hari)	300.000,-	4.500.000,-
	Jumlah Biaya			11.500.000,-

5. Laporan / Publikasi:

No.	Uraian Kegiatan	Volume	Biaya Satuan	Biaya
1.	Penggandaan Laporan	20 eksemplar	50.000,-	1.000.000,-
2.	Publikasi nasional di IPTEK Bahan Batan	2 kali	7500.000,-	1.500.000,-
	Jumlah Biaya			2.500.000,-

6. Lain-lain (Operasional) :

No.	Uraian Kegiatan	Volume	Biaya Satuan	Biaya
2	Biaya karakterisasi SEM /EDAX	10 sample	150.000,-	1.500.000,-
3	Biaya uji sifat listrik sel surya	10 sample	180.000,-	1.800.000,-
	Jumlah Biaya			3.300.000,-

7. Jumlah Anggaran Tahun 2009

Jumlah (Rp)	90.000.000,-
Terbilang	Sembilan puluh juta rupiah