

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA PEROVSKIT
 $\text{Ba}_{1-x}\text{Li}_x\text{Ti}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3$ MENGGUNAKAN METODE LELEHAN GARAM
DAN POTENSINYA SEBAGAI BAHAN KAPASITOR DIELEKTRIK**

SKRIPSI SARJANA KIMIA



Oleh:

MUHAMMAD IKHSAN TALIB

NIM: 2110411022

Dosen Pembimbing I : Dr. Tio Putra Wendari, S.Si

Dosen Pembimbing II : Dr. Syukri, M.Si

PROGRAM SARJANA

DEPARTEMEN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS ANDALAS

PADANG

2025

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA PEROVSKIT
 $\text{Ba}_{1-x}\text{Li}_x\text{Ti}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3$ MENGGUNAKAN METODE LELEHAN GARAM
DAN POTENSINYA SEBAGAI BAHAN KAPASITOR DIELEKTRIK**

SKRIPSI SARJANA KIMIA

Oleh:

MUHAMMAD IKHSAN TALIB

NIM: 2110411022



Skripsi ini diajukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
pada Program Sarjana Departemen Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Andalas

**PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2025**

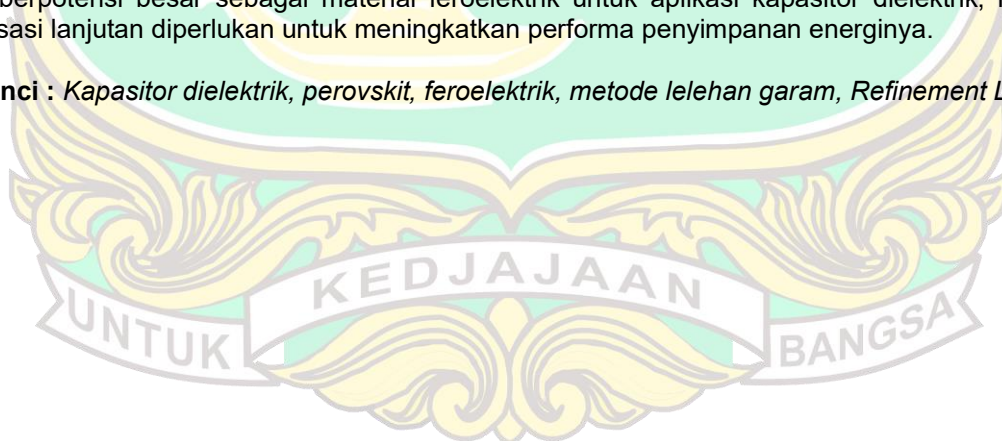
INTISARI

SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA PEROVSKIT $\text{Ba}_{1-x}\text{Li}_x\text{Ti}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3$ MENGGUNAKAN METODE LELEHAN GARAM DAN POTENSINYA SEBAGAI BAHAN KAPASITOR DIELEKTRIK

Oleh
Muhammad Ikhsan Talib (NIM: 2110411022)
Dr. Tio Putra Wendari*, Dr. Syukri*
*Pembimbing

Kapasitor dielektrik berbasis material feroelektrik semakin mendapat perhatian sebagai teknologi penyimpan energi yang menjanjikan karena memiliki keunggulan berupa kerapatan daya tinggi, laju pengisian–pengosongan yang cepat, serta stabilitas operasional yang baik. Salah satu kandidat material unggul untuk aplikasi ini adalah senyawa perovskit oksida dengan formula umum ABO_3 , yang memiliki sifat feroelektrik akibat pergeseran domain dipol dalam struktur kristalnya. Pada penelitian ini, senyawa perovskit berbasis BaTiO_3 dimodifikasi melalui substitusi kation Li^+ dan Nb^{5+} sehingga diperoleh komposisi $\text{Ba}_{1-x}\text{Li}_x\text{Ti}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3$ dengan variasi $x = 0,02; 0,04; 0,06; \text{ dan } 0,08$. Sintesis dilakukan menggunakan metode lelehan garam dengan campuran eutektik NaCl/KCl sebagai media reaksi pada rasio molar 1:5 antara senyawa dan garam. Analisis difraksi sinar-X (XRD) menunjukkan seluruh sampel berhasil membentuk fasa tunggal perovskit tanpa adanya fasa sekunder. Refinement menggunakan metode *Le Bail* mengonfirmasi bahwa semua komposisi memiliki struktur kristal tetragonal dengan grup ruang $P4mm$, mirip dengan BaTiO_3 murni, namun menunjukkan penurunan distorsi tetragonal menuju konfigurasi pseudokubik seiring meningkatnya konsentrasi substitusi. Volume sel satuan teramati menurun dengan bertambahnya x , yang dikaitkan dengan penggantian kation Ba^{2+} berukuran besar oleh kation Li^+ yang lebih kecil pada sisi-A. Spektrum Raman mengungkap kemunculan mode vibrasi baru pada sekitar 115 cm^{-1} dan 187 cm^{-1} , yang berkaitan dengan substitusi Li^+ dan pelebaran mode vibrasi oktahedral BO_6 akibat penambahan Nb^{5+} . Analisis energi celah pita (E_g) menunjukkan kenaikan dari $3,14\text{ eV}$ ($x = 0,02$) menjadi $3,16\text{ eV}$ ($x = 0,08$), sedangkan pengamatan morfologi permukaan menggunakan SEM memperlihatkan partikel berbentuk lempengan dengan ukuran yang semakin mengecil pada komposisi x yang lebih tinggi. Pengukuran sifat dielektrik memperlihatkan penurunan suhu transisi feroelektrik–paraelektrik (T_m) hingga sekitar $10\text{ }^\circ\text{C}$ pada $x = 0,08$ serta karakteristik transisi fasa menyebar (*diffused phase transition/DPT*). Kurva histeresis polarisasi (P – E) memperlihatkan loop terbuka dengan adanya polarisasi sisa (P_r), menandakan kestabilan sifat feroelektrik pada suhu ruang. Analisis penyimpanan energi berdasarkan kurva P – E menunjukkan peningkatan rapat daya pulih (W_{rec}) dan efisiensi penyimpanan energi (η) seiring meningkatnya x , dengan nilai tertinggi pada $x = 0,08$ ($W_{\text{rec}} = 86,8\text{ mJ/cm}^3$ dan $\eta = 32,97\%$ pada 100 kV/cm dan 100 Hz). Hasil ini menegaskan bahwa $\text{Ba}_{1-x}\text{Li}_x\text{Ti}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3$ berpotensi besar sebagai material feroelektrik untuk aplikasi kapasitor dielektrik, meskipun optimalisasi lanjutan diperlukan untuk meningkatkan performa penyimpanan energinya.

Kata kunci : *Kapasitor dielektrik, perovskit, feroelektrik, metode lelehan garam, Refinement Le Bail*



ABSTRACT

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF $\text{Ba}_{1-x}\text{Li}_x\text{Ti}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3$ PEROVSKITE COMPOUNDS USING THE MOLTEN SALT METHOD AND THEIR POTENTIAL AS DIELECTRIC CAPACITOR MATERIALS

By:

Muhammad Ikhsan Talib (NIM: 2110411022)

Dr. Tio Putra Wendari*, Dr. Syukri*

*Supervisor

Ferroelectric-based dielectric capacitors have gained increasing attention as promising energy storage technologies due to their high power density, rapid charge–discharge capability, and operational stability. Among various candidates, perovskite oxides with the general formula ABO_3 are particularly attractive owing to their ferroelectric properties, which originate from dipole domain displacement within their crystal structures. In this study, BaTiO_3 -based perovskite compounds were modified through co-substitution of Li^+ and Nb^{5+} to produce $\text{Ba}_{1-x}\text{Li}_x\text{Ti}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3$ with $x = 0.02, 0.04, 0.06, \text{ and } 0.08$. The synthesis was carried out using the molten salt method, employing a NaCl/KCl eutectic mixture as the reaction medium with a 1:5 molar ratio between precursor powders and salts. X-ray diffraction (XRD) analysis confirmed the formation of single-phase perovskite structures in all compositions with no secondary phases. Le Bail refinement further revealed a tetragonal crystal structure with the $P4mm$ space group, similar to pristine BaTiO_3 , but with decreasing tetragonal distortion toward a pseudocubic configuration as x increased. The unit cell volume decreased slightly with increasing x due to the substitution of smaller Li^+ ions for larger Ba^{2+} ions at the A-site. Raman spectroscopy identified the emergence of new vibrational modes at approximately 115 cm^{-1} and 187 cm^{-1} , associated with Li^+ incorporation and the broadening of BO_6 octahedral modes induced by Nb^{5+} substitution. Optical band gap (E_g) analysis showed a slight increase from 3.14 eV ($x = 0.02$) to 3.16 eV ($x = 0.08$). Scanning electron microscopy (SEM) revealed plate-like particle morphologies with decreasing particle size at higher Li/Nb concentrations. Dielectric measurements exhibited a reduction in the ferroelectric–paraelectric phase transition temperature (T_m) by up to $10\text{ }^\circ\text{C}$ at $x = 0.08$ and indicated a diffused phase transition (DPT). Polarization–electric field (P–E) hysteresis loops displayed open shapes with remanent polarization (P_r), demonstrating stable ferroelectric behavior at room temperature. Energy storage parameters calculated from P–E loops showed improved recoverable energy density (W_{rec}) and efficiency (η) with increasing x , reaching maximum values at $x = 0.08$ ($W_{\text{rec}} = 86.8\text{ mJ/cm}^3$ and $\eta = 32.97\%$ at 100 kV/cm , 100 Hz). These findings confirm that $\text{Ba}_{1-x}\text{Li}_x\text{Ti}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3$ is a promising ferroelectric material for dielectric capacitor applications, though further optimization is necessary to enhance its energy storage performance.

Keywords: Dielectric capacitor, Perovskite, ferroelectric, molten salts, Le Bail refinement