

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

SKRIPSI SARJANA KIMIA



Dosen Pembimbing I : Dr. Tio Putra Wendari, S.Si
Dosen Pembimbing II : Prof. Dr. Yeni Stiadi, MS.

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

INTISARI

SINTESIS DAN KARAKTERISASI FASA PEROVSKIT $\text{Ba}_{1-x}\text{Na}_x\text{Ti}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3$ MENGUNAKAN METODE LELEHAN GARAM SERTA POTENSINYA SEBAGAI BAHAN KAPASITOR DIELEKTRIK

Oleh:

Rizcha Zuwita Ramadhani (NIM: 2110411031)

Dr. Tio Putra Wendari*, Prof. Dr. Yeni Stiadi, MS*

*Pembimbing

Kapasitor keramik suhu tinggi telah menjadi salah satu topik penelitian yang banyak dikembangkan seiring dengan kemajuan teknologi di bidang elektronik. Kapasitor dielektrik digunakan dalam perangkat *pulse power* karena kemampuannya untuk menyimpan dan melepaskan energi dalam waktu singkat dengan rapat daya tinggi. Senyawa perovskit berbasis BaTiO_3 memiliki potensi sebagai bahan kapasitor dielektrik karena sifat feroelektriknya yang memungkinkan terjadinya penyimpanan energi melalui pergeseran domain dipol dengan adanya pengaruh medan listrik. Namun, senyawa ini menunjukkan keterbatasan dalam hal stabilitas termal pada suhu tinggi serta efisiensi penyimpanan energi (η) yang relatif rendah. Oleh karena itu, sifat feroelektrik dimodifikasi menjadi sifat relaksor feroelektrik yang akan menunjukkan parameter penyimpanan energi yang lebih baik. Pada penelitian ini, senyawa perovskit BaTiO_3 dengan modifikasi kation Na^+ dan Nb^{5+} dengan formula senyawa target $\text{Ba}_{1-x}\text{Na}_x\text{Ti}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3$ disintesis menggunakan metode lelehan garam dengan variasi komposisi $x = 0,02; 0,04; 0,06; 0,08; 0,10$. Analisis XRD menunjukkan semua senyawa perovskit yang disintesis berfasa tunggal tanpa adanya fasa pengotor yang terbentuk. Senyawa produk memiliki struktur kristal tetragonal dengan grup ruang $P4mm$ dengan volume sel cenderung stabil dengan peningkatan komposisi x yang dikonfirmasi melalui hasil *refinement* dengan teknik *Le Bail*. Spektrum Raman lebih lanjut mengkonfirmasi struktur kristal tetragonal ini dengan menunjukkan mode vibrasi khas BaTiO_3 . Substitusi kation A dan B menunjukkan adanya perubahan mode vibrasi yang berkaitan dengan perbedaan kekuatan ikatan dari kation yang disubstitusi. Analisis energi celah pita (E_g) yang dianalisis menggunakan UV-Vis-DRS memperlihatkan peningkatan E_g dengan bertambahnya komposisi x . Hasil karakterisasi SEM menunjukkan partikel berupa lempengan dengan ukuran yang semakin menurun seiring dengan meningkatnya komposisi x . Analisis sifat dielektrik menunjukkan adanya puncak suhu transisi fasa feroelektrik menjadi paraelektrik (T_m) dimana, substitusi kation Na^+ dan Nb^{5+} menyebabkan suhu T_m semakin menurun yang dapat dikaitkan dengan penurunan distorsi struktur. Penurunan distorsi struktur ini juga mengakibatkan penurunan nilai polarisasi feroelektrik maksimum (P_m) dan polarisasi sisa (P_r) yang ditunjukkan dengan kurva polarisasi feroelektrik ($P-E$). Lebih lanjut, karakteristik *diffused phase transition* (DPT) juga diamati pada senyawa perovskit hasil sintesis yang ditunjukkan dengan puncak dielektrik yang semakin melebar dan nilai koersif feroelektrik yang menurun, akibat kation A dan B yang semakin bervariasi melalui mekanisme substitusi ini. Parameter penyimpanan energi dihitung berdasarkan kurva polarisasi feroelektrik karena merepresentasikan interaksi antara medan listrik dan polarisasi dalam bahan kapasitor dielektrik. Peningkatan komposisi x menunjukkan bahwa nilai rapat daya yang dapat dipulihkan (W_{rec}) dan rapat daya yang hilang (W_{oss}) cenderung menurun, sedangkan efisiensi penyimpanan energi (η) semakin meningkat. Nilai pengukuran parameter penyimpanan energi tertinggi ditunjukkan pada komposisi $x = 0,08$ dengan nilai W_{rec} sebesar $53,34 \text{ mJ/cm}^3$ dan η sebesar $14,99\%$. Secara keseluruhannya, senyawa perovskit $\text{Ba}_{1-x}\text{Na}_x\text{Ti}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3$ yang disintesis dapat berpotensi sebagai bahan feroelektrik dan kapasitor dielektrik, walau peningkatan kemampuan penyimpanan energi ini masih perlu dilakukan.

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

ABSTRACT

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF PEROVSKITE COMPOUND $\text{Ba}_{1-x}\text{Na}_x\text{Ti}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3$ USING THE MOLTEN SALT METHOD AND ITS POTENTIAL AS DIELECTRIC CAPACITOR MATERIAL

By:

Rizcha Zuwita Ramadhani (NIM: 2110411031)

Dr. Tio Putra Wendari*, Prof. Dr. Yeni Stiadi, MS*

*Supervisor

High-temperature ceramic capacitors have become one of the widely developed research topics in line with technological advances in the field of electronics. Dielectric capacitors are used in pulse power devices due to their ability to store and release energy within a short time and with high power density. BaTiO_3 -based perovskite compounds have potential as dielectric capacitor materials due to their ferroelectric properties, which allow energy storage through dipole domain switching under an applied electric field. However, this compound shows limitations in thermal stability at high temperatures and relatively low energy storage efficiency (η). Therefore, modifying the ferroelectric behavior into a relaxor ferroelectric state is expected to improve the energy storage parameters. In this study, BaTiO_3 was modified through A-site and B-site cation substitution with Na^+ and Nb^{5+} , respectively, yielding the target formula $\text{Ba}_{1-x}\text{Na}_x\text{Ti}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3$, synthesized using the molten salt method with $x = 0.02, 0.04, 0.06, 0.08$, and 0.10 . XRD analysis confirmed that all synthesized perovskite compounds exhibited a single phase without impurity phases. The products possessed a tetragonal crystal structure with space group $P4mm$, and the unit cell volume remained relatively stable with increasing x , as confirmed by Le Bail refinement. Raman spectra further confirmed the tetragonal structure through characteristic BaTiO_3 vibrational modes. A and B-site substitution led to shifts in vibrational modes associated with differences in bonding strength between the substituted cations. Bandgap energy (E_g) analysis using UV-Vis DRS showed an increase in E_g with increasing x . SEM characterization revealed plate-like particles with decreasing particle size as x increased. Dielectric property analysis showed a phase transition temperature (T_m) from ferroelectric to paraelectric, which decreased with higher Na^+ and Nb^{5+} content, likely due to reduced structural distortion. This structural distortion also resulted in a decrease in maximum polarization (P_m) and remanent polarization (P_r), as seen in the ferroelectric polarization ($P-E$) curves. Furthermore, diffused phase transition (DPT) behavior was observed, indicated by broader dielectric peaks and lower ferroelectric coercive fields, due to increasing A- and B-site cation disorder via substitution. Energy storage parameters were calculated based on the ferroelectric polarization curves, as they represent the interaction between the electric field and polarization in dielectric capacitor materials. Increasing x led to a decrease in recoverable energy density (W_{rec}) and energy loss (W_{loss}), while energy storage efficiency (η) increased. The highest energy storage performance was observed at $x = 0.08$, with W_{rec} of 53.34 mJ/cm^3 and η of 14.99% . Overall, the synthesized $\text{Ba}_{1-x}\text{Na}_x\text{Ti}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3$ perovskite compounds show potential as ferroelectric and dielectric capacitor materials, although further enhancement of their energy storage capability is still needed.

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