

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA PEROVSKIT
 $0,75\text{Bi}_{0,5}\text{Na}_{0,5}\text{TiO}_3-(0,25-x)\text{CaTiO}_3-(x)\text{NaNbO}_3$ SEBAGAI BAHAN
KAPASITOR DIELEKTRIK MENGGUNAKAN METODE
HIDROTHERMAL**

TESIS

**MUHAMMAD ALI AKBAR
NIM: 2420411002**



**PROGRAM STUDI MAGISTER KIMIA
DEPARTEMEN KIMIA FAKULTAS MIPA
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2025**

SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA PEROVSKIT
 $0,75\text{Bi}_{0,5}\text{Na}_{0,5}\text{TiO}_3-(0,25-x)\text{CaTiO}_3-(x)\text{NaNbO}_3$ SEBAGAI BAHAN
KAPASITOR DIELEKTRIK MENGGUNAKAN METODE
HIDROTHERMAL

Oleh:

Muhammad Ali Akbar (NIM: 2420411002)

Dr. Tio Putra Wendari, S.Si*, Prof.Dr. Zulhadjri, M.Eng.*

Abstrak

Kapasitor dielektrik berbahan senyawa feroelektrik telah menarik banyak perhatian dalam eksplorasi perangkat penyimpanan energi karena memiliki kerapatan daya tinggi serta kemampuan pengisian dan pengosongan daya yang cepat. Salah satu jenis senyawa feroelektrik adalah senyawa perovskit dengan formula umum ABO_3 . Pada penelitian ini, senyawa perovskit $0,75\text{Bi}_{0,5}\text{Na}_{0,5}\text{TiO}_3-(0,25-x)\text{CaTiO}_3-(x)\text{NaNbO}_3$ dengan variasi $x = 0; 0,02; 0,04; 0,06; 0,08$ dan $0,1$ disintesis menggunakan metode hidrotermal dengan mineralizer NaOH 12 M pada suhu 220°C selama 24 jam. Analisis XRD menunjukkan bahwa senyawa perovskit berfasa tunggal berhasil didapatkan hingga komposisi $x = 0,08$, namun pada komposisi $x = 0,1$ diamati adanya fasa sekunder berupa senyawa $\text{Na}_{0,45}\text{Bi}_{1,5}\text{Ti}_7\text{O}_{15}$. Hasil refinement Rietveld dari data XRD menunjukkan bahwa senyawa memiliki struktur kristal tetragonal dengan grup ruang $P4mm$, namun menunjukkan kecenderungan menuju struktur kubik yang dapat disebut sebagai pseudokubik. Peningkatan komposisi x menunjukkan sedikit peningkatan volume sel dan distorsi struktur yang dibuktikan dengan perubahan panjang ikatan dan sudut ikatan. Spektrum Raman menunjukkan kation A dan B dapat tersubstitusi secara acak (*disorder*) ataupun posisi berkelompok (*order*) yang ditunjukkan dengan pelebaran puncak vibrasi dan kemunculan mode vibrasi baru. Keseluruhan sampel menunjukkan puncak transisi fasa feroelektrik-paraelektrik (T_c) di bawah suhu ruang, dimana peningkatan komposisi x menyebabkan pergeseran T_c ke suhu yang lebih tinggi. Analisis morfologi menggunakan SEM menunjukkan partikel berbentuk seperti kubus dan ukuran meningkat dengan bertambahnya komposisi x . Sifat feroelektrik pada suhu ruang dikonfirmasi melalui kurva histeresis P-E yang menunjukkan hubungan non-linear antara medan listrik dan polarisasi. Kemunculan sifat feroelektrik diatas suhu transisi ini akibat adanya sifat transisi fasa menyebar (*diffuse phase transition*, DPT) yang diamati pada seluruh sampel. Senyawa perovskit $\text{Na}_{0,455}\text{Bi}_{0,375}\text{Ca}_{0,17}\text{Ti}_{0,92}\text{Nb}_{0,08}\text{O}_3$ ($x = 0,08$) merupakan komposisi optimum pada penelitian ini dengan nilai parameter penyimpanan energi tertinggi yaitu rapat daya (W_{rec}) sebesar $218,9 \text{ mJ/cm}^3$ dan efisiensi penyimpanan (η) sebesar $82,89\%$ pada suhu ruang.

Kata kunci: perovskit, kapasitor dielektrik, feroelektrik, hidrotermal, *refinement Rietveld*

**SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF PEROVSKITE
COMPOUND $0.75\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{TiO}_3-(0.25-x)\text{CaTiO}_3-(x)\text{NaNbO}_3$ AS
DIELECTRIC CAPACITOR MATERIALS USING THE
HYDROTHERMAL METHOD**

By:

Muhammad Ali Akbar (2420411002)

Dr. Tio Putra Wendari, S.Si*, Prof.Dr. Zulhadjri, M.Eng.*

Abstract

Dielectric capacitors made from ferroelectric compounds have attracted much attention in the exploration of energy storage devices because they have high power density and fast charging and discharging capabilities. One type of ferroelectric compound is a perovskite compound with the general formula ABO_3 . In this study, the perovskite compound $0.75\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{TiO}_3-(0.25-x)\text{CaTiO}_3-(x)\text{NaNbO}_3$ with variations of $x = 0; 0.02; 0.04; 0.06; 0.08$ and 0.1 were synthesized using the hydrothermal method with 12 M NaOH mineralizer at a temperature of 220 °C for 24 hours. XRD analysis showed that single-phase perovskite compounds were successfully obtained up to composition $x = 0.08$, but at composition $x = 0.1$ a secondary phase was observed in the form of $\text{Na}_{0.45}\text{Bi}_{4.5}\text{Ti}_7\text{O}_{15}$ compounds. The Rietveld refinement results from XRD data show that the compound has a tetragonal crystal structure with a space group of $P4mm$, but shows a tendency towards a cubic structure that can be called pseudocubic. Increasing the composition of x shows a slight increase in cell volume and structural distortion as evidenced by changes in bond length and bond angle. The Raman spectrum shows that cations A and B can be substituted randomly (disorder) or in grouped positions (order) as indicated by the broadening of the vibration peak and the emergence of new vibration modes. All samples show a ferroelectric-paraelectric (T_c) phase transition peak below room temperature, where increasing the composition of x causes a shift in T_c to higher temperatures. Morphological analysis using SEM shows that the particles are shaped like cubes and the size increases with increasing composition of x . The ferroelectric properties at room temperature are determined through the P-E hysteresis curve which shows a non-linear relationship between the electric field and polarization. The emergence of ferroelectric properties above this transition temperature is due to the diffuse phase transition (DPT) properties observed in all samples. The perovskite compound $\text{Na}_{0.455}\text{Bi}_{0.375}\text{Ca}_{0.17}\text{Ti}_{0.92}\text{Nb}_{0.08}\text{O}_3$ ($x = 0.08$) is the optimum composition in this study with the highest energy storage parameter values, namely power density (W_{rec}) of 218.9 mJ/cm³ and storage efficiency (η) of 82.89% at room temperature.

Keywords: perovskite, dielectric capacitors, ferroelectrics, hydrothermal, Rietveld refinement