

## INTISARI

Komunikasi nirkabel jarak jauh berdaya rendah seperti LoRa membutuhkan ketahanan tinggi terhadap derau untuk menjaga keandalan data. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan performa sistem komunikasi LoRa dengan mengevaluasi pengaruh dari dua teknik optimisasi pada lapisan fisik: *Forward Error Correction* (FEC) menggunakan Hamming code dan pemetaan simbol menggunakan *Gray mapping*. Analisis dilakukan melalui dua pendekatan utama: simulasi dalam kanal *Additive White Gaussian Noise* (AWGN) yang ideal dan implementasi nyata menggunakan platform GNU Radio dengan perangkat keras *Software Defined Radio* (SDR). Kinerja sistem diukur berdasarkan nilai *Bit Error Rate* (BER) pada berbagai level *Signal-to-Noise Ratio* (SNR). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan FEC dengan Hamming code secara signifikan meningkatkan performa sistem, memberikan *coding gain* yang mampu menurunkan ambang batas SNR hingga 2 dB untuk mencapai komunikasi andal. Selain itu, *Gray mapping* juga terbukti efektif mengurangi BER, dan menariknya, manfaatnya menjadi jauh lebih signifikan pada implementasi nyata (pengurangan BER hingga 49.3%) dibandingkan pada simulasi. Ditemukan adanya kesenjangan performa (*performance gap*) yang terukur sebesar 1-2 dB antara simulasi dan implementasi, yang disebabkan oleh ketidaksempurnaan perangkat keras. Penelitian ini menyimpulkan bahwa meskipun simulasi berguna untuk memprediksi tren, pengujian pada perangkat keras nyata sangat krusial untuk memahami, memvalidasi, dan mengukur performa serta batasan sistem yang sesungguhnya.

Kata kunci : LoRa, SDR, GNU Radio, BER, SNR, Hamming Code, Gray Mapping

## ABSTRACT

*Low-power long-range wireless communication systems such as LoRa require high robustness against noise to maintain data reliability. This research aims to analyze and compare the performance of a LoRa communication system by evaluating the influence of two physical layer optimization techniques: Forward Error Correction (FEC) using Hamming codes and symbol mapping using Gray mapping. The analysis was conducted using two main approaches: simulation in an ideal Additive White Gaussian Noise (AWGN) channel and real-world implementation using the GNU Radio platform with Software Defined Radio (SDR) hardware. System performance was measured based on the Bit Error Rate (BER) at various Signal-to-Noise Ratio (SNR) levels. The results show that the application of FEC with Hamming codes significantly improves system performance, providing a coding gain that lowers the required SNR threshold for reliable communication by up to 2 dB. Furthermore, Gray mapping also proved effective, and interestingly, its benefits were substantially more pronounced in the real-world implementation (up to a 49.3% BER reduction) compared to the simulation. A measurable performance gap of 1-2 dB was identified between the simulation and implementation, attributed to hardware imperfections. This research concludes that while simulation is valuable for predicting behavioral trends, testing on actual hardware is crucial to understand, validate, and quantify the true performance and limitations of the system.*

**Keywords** : LoRa, SDR, GNU Radio, BER, SNR, Hamming Code, Gray Mapping