

ABSTRAK

Nama : Najlah Rupaidah
Program Studi : Fisika
Judul : Inversi Seismik Gelombang Elastik 1-D Berbasis
Simulasi Sirkuit Kuantum

Penelitian ini menyajikan kerangka komputasi untuk inversi seismik satu dimensi dengan mengintegrasikan simulasi sirkuit kuantum dan pendekatan optimasi. Persamaan gelombang elastis satu dimensi diformulasikan ulang menjadi sistem yang kompatibel dengan komputasi kuantum melalui diskretisasi spasial dan Schrödingerisasi. Pendekatan ini memungkinkan perambatan gelombang seismik direpresentasikan sebagai evolusi waktu dari Hamiltonian dalam kerangka sirkuit kuantum. Data seismik sintetis digunakan untuk mengevaluasi kemampuan metode dalam merekonstruksi respons kecepatan bawah permukaan serta menganalisis parameter yang berpengaruh terhadap proses inversi. Alur kerja yang diusulkan menekankan pengodean sumber (*source encoding*) dan formulasi fungsi objektif (*objective function*) sebagai komponen utama yang memengaruhi konvergensi inversi, kestabilan numerik, dan sensitivitas rekonstruksi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa rekonstruksi medan gelombang berbasis kuantum memiliki kesesuaian yang baik dengan respons solver ODE klasik pada berbagai cuplikan waktu. Rata-rata galat rekonstruksi relatif L_2 mencapai $3,28 \times 10^{-2}$ dengan menggunakan 1200 *shot* pengukuran. Evolusi Hamiltonian menunjukkan kestabilan energi selama proses perambatan. Analisis tumpang tindih keadaan kuantum menunjukkan korelasi yang konsisten terhadap keadaan referensi sepanjang waktu. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa kerangka kerja ini mampu mempertahankan kesesuaian dengan solusi numerik klasik serta memberikan representasi komputasi yang dapat dikembangkan untuk studi inversi hibrida di masa depan. Temuan ini menunjukkan potensi pendekatan komputasi terinspirasi kuantum sebagai metode alternatif untuk inversi geofisika berbasis data dan pengembangan komputasi sains kebumihan.

Kata kunci: inversi seismik, sirkuit kuantum, Schrödingerisasi, fungsi objektif, sains bumi komputasi.

ABSTRACT

Name : Najlah Rupaidah
Study Program : Physics
Title : Inversi Seismik Gelombang Elastik 1-D Berbasis
Simulasi Sirkuit Kuantum

This study presents a computational framework for one-dimensional seismic inversion by integrating quantum circuit simulations and an optimization approach. The one-dimensional elastic wave equation is reformulated into a quantum-compatible system through spatial discretization and Schrödingerisation. This allows seismic wave propagation to be represented as the time evolution of a Hamiltonian within a quantum circuit framework. Synthetic seismic data were used to evaluate the method's ability to reconstruct subsurface velocity responses and analyze parameters related to the inversion process. The proposed workflow emphasizes source encoding and the formulation of the objective function as the main components governing inversion convergence, numerical stability, and reconstruction sensitivity. Simulation results show that the quantum-based wavefield reconstruction closely matches the classical ODE solver response at various time snapshots. The mean relative L_2 reconstruction error is approximately 3.28×10^{-2} when using 1200 measurement shots. The Hamiltonian evolution maintains stable energy behavior throughout propagation. Quantum state overlap analysis shows a consistent correlation with the reference state over time. Benchmark comparisons indicate that the framework maintains good agreement with classical numerical solutions while offering a scalable computational representation for future hybrid inversion studies. These results highlight the potential of quantum-inspired computational workflows as an emerging approach for data-driven geophysical inversion and digital transformation in computational geoscience.

Keywords: *seismic inversion, quantum circuit, Schrödingerisation, objective function, computational geoscience.*