

## INTISARI

### PERBANDINGAN VARIASI METODE BEDA HINGGA ORDE 4, 8, 10 UNTUK *FULL WAVEFORM INVERSION* PADA MODEL SINTETIK *CARBON CAPTURE STORAGE SLEIPNER* MENGGUNAKAN MODUL DEVITO

TRIA BENING GAWITSA

19/442444/PA/19193

*Full waveform inversion* (FWI) merupakan salah satu metode yang digunakan untuk merekonstruksi model bawah permukaan dengan resolusi tinggi. Dalam pemrosesan FWI, metode *finite difference* digunakan untuk menghasilkan data terkalkulasi melalui tahapan pemodelan maju. Variasi orde 4, 8, dan 10 terhadap pemrosesan metode FWI telah dilakukan menggunakan persamaan gelombang akustik sebagai operator pemodelan maju. Metode FWI ini diterapkan pada model sintetik CCS (*carbon capture storage*) dengan ukuran grid  $101 \times 101$  dan luas area  $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ . Geometri akuisisi pada penelitian ini terdiri dari 21 *shot point* dan 301 *receiver* yang berada pada kedalaman 30 meter di bawah permukaan air. Perhitungan fungsi objektif menggunakan metode  $L_2 - \text{norm misfit function}$  yang kemudian dioptimisasi untuk menghasilkan nilai minimum melalui metode *gradient descent*. Kemudian perhitungan gradien untuk proses optimisasi dilakukan melalui perhitungan adjoint. Total iterasi yang diterapkan untuk perhitungan nilai minimum berjumlah 500. Perbandingan variasi orde 4, 8, dan 10 dilakukan terhadap hasil cuplikan penjalaran gelombang, hasil penampang FWI, grafik fungsi objektif, serta performa pemrosesan untuk tiap orde. Dari hasil cuplikan penjalaran gelombang terlihat bahwa semakin tinggi orde yang digunakan maka tingkat dispersi numerik akan semakin rendah. Selanjutnya dari hasil FWI batas lapisan dapat terlihat jelas namun tidak dengan parameter kecepatan gelombang P pada tiap lapisan. Kemudian dari grafik fungsi objektif tiap orde menunjukkan tingkat konvergensi yang relatif sama dengan orde-10 lebih cepat mencapai nilai minimum dibandingkan dengan orde 4 dan 8. Namun demikian perlu dicatat bahwa semakin tinggi orde maka semakin lama waktu komputasi yang dibutuhkan. Hasil penelitian ini menunjukkan waktu komputasi FWI untuk orde 4, 8, dan 10 berturut-turut membutuhkan 15,9s; 20,4s; dan 22,2s.

Kata kunci: gelombang akustik, FWI, *finite difference* orde tinggi, fungsi objektif, *gradient descent*

## ABSTRACT

### ***A COMPARISON OF FOURTH, EIGHTH, AND TENTH ORDER FINITE DIFFERENCE FOR FULL WAVEFORM INVERSION ON SLEIPNER CARBON CAPTURE STORAGE SYNTHETIC MODEL USING DEVITO MODULE***

TRIA BENING GAWITSA

19/442444/PA/19193

Full waveform inversion (FWI) is one of geophysical methodology used for subsurface high-resolution reconstruction. In FWI processing, the finite differences method was employed to generate calculation data through forward modeling steps. The fourth, eighth, and tenth orders of variation in the FWI method utilized the acoustic wave equation as the forward operator. This FWI methodology was implemented on a Carbon Capture Storage synthetic model using a grid size of  $101 \times 101$  and covering an area of  $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ . The acquisition geometry of this study comprised 21 shot points and 31 receivers situated 30 meters below the water surface. The objective function was computed using the  $L_2 - \text{norm misfit function}$  method and later optimized using gradient descent algorithm to achieve the minimum value. The gradient for the optimization process was calculated through adjoint methods. A total of 500 iterations were performed to reach the minimum value. The assessment of the fourth, eighth, and tenth order variation was conducted through wave propagation snapshot, FWI models, objective function graphs, and the computation performances for each order. The wave propagation snapshot analysis distinctly revealed that the numerical dispersion rate for higher orders of finite differences was less significant compared to lower orders. The FWI results showcased well-defined boundary layers in the model, except for the P-wave velocity parameter in each layer. Examination of the objective function graphs for each order indicated relatively similar convergence behavior, with the tenth order achieving its minimum value more rapidly than the fourth and eighth orders. However, it's worth noting that higher order finite differences required more computation time. From the results, the computation time of FWI for the fourth, eighth, and tenth order respectively was 15,9s; 20,4s; and 22,2s.

Keywords: acoustic wave, FWI, high order finite difference, objective function, gradient descent