

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam eksplorasi migas, konversi data seismik dari domain waktu ke kedalaman merupakan langkah krusial untuk memperoleh representasi struktur bawah permukaan yang akurat. Data seismik hanya menunjukkan reflektor berdasarkan waktu tempuh gelombang, sehingga variasi kecepatan antar lapisan dapat menimbulkan struktur semu yang tidak mencerminkan kondisi geologi sesungguhnya. Pentingnya konversi waktu ke kedalaman terletak pada kemampuannya untuk menghasilkan peta kedalaman yang akurat untuk menjadi dasar bagi interpretasi geologi, identifikasi perangkat hidrokarbon, dan estimasi volumetrik reservoir. Tanpa konversi yang tepat, posisi horizon dan geometri struktur bisa meleset dari kondisi sebenarnya, sehingga mempengaruhi estimasi volumetrik reservoir. Perubahan kedalaman kecil pada hasil konversi dapat menghasilkan perbedaan signifikan dalam interpretasi terutama pada reservoir yang sangat bergantung pada ketelitian penentuan kedalaman.

Terdapat dua metode utama konversi waktu ke kedalaman, yaitu metode pertama adalah *direct conversion* yang memanfaatkan data *checkshot* dari sumur. Data *checkshot* memungkinkan kalibrasi langsung antara waktu tempuh gelombang dan kedalaman sebenarnya, sehingga kedalaman model dapat lebih akurat pada titik kontrol sumur, Keterbatasan jumlah data *checkshot* dapat memengaruhi representativitas model kedalaman, sehingga area di antara titik sumur memiliki tingkat ketidakpastian yang lebih tinggi. Metode kedua adalah *velocity modeling* yang menggunakan *gradien* dan variasi lateral berdasarkan data seismik serta asumsi stratigrafi. Metode ini dipilih karena mampu menghasilkan peta kedalaman yang lebih konsisten di seluruh area studi, termasuk wilayah yang tidak memiliki kontrol sumur, dan memungkinkan evaluasi struktur bawah permukaan secara lebih menyeluruh. Perbandingan kedua metode ini penting untuk menilai efektivitas masing-masing dalam merepresentasikan kedalaman struktur bawah permukaan

dan meminimalkan ketidakpastian, sehingga hasil konversi yang digunakan dalam estimasi volumetrik dapat lebih akurat.

Validator utama dari hasil konversi adalah *marker* horizon dari sumur, karena *marker* ini menyediakan titik kontrol kedalaman yang nyata dan dapat digunakan untuk mengkalibrasi peta kedalaman dari kedua metode. Penentuan kedalaman berdasarkan *marker* memungkinkan evaluasi akurasi relatif setiap metode, sehingga deviasi antara kedalaman model dan kedalaman nyata dapat dihitung. Area di luar kontrol sumur, yang tidak memiliki validator langsung memiliki tingkat ketidakpastian lebih tinggi. Oleh karena itu, dilakukan analisis ketidakpastian secara deterministik untuk mengukur variasi deviasi kedalaman yang dihasilkan tiap metode di seluruh area studi. Analisis ini tidak hanya mengidentifikasi area dengan ketidakpastian tinggi, sehingga perencanaan pemboran dapat dilakukan dengan margin keamanan yang lebih terukur.

Peta kedalaman yang representatif menjadi dasar untuk melakukan estimasi volumetrik awal, yang memberikan gambaran mengenai ketebalan, sebaran, dan kedalaman reservoir. Estimasi ini bersifat *preliminary* karena keterbatasan jumlah dan distribusi sumur membatasi validasi hanya pada titik-titik tertentu. Meskipun demikian, estimasi *preliminary* ini memberikan indikasi awal mengenai OGIP dan *estimated reserves*. Hal ini dapat digunakan sebagai acuan awal untuk penilaian prospek hidrokarbon dan perencanaan eksplorasi lebih lanjut strategi pemboran. Metode konversi waktu ke kedalaman yang dibahas dalam penelitian ini diaplikasikan pada area penelitian X, yang secara regional berada di Sub-Cekungan Tarakan.

Secara regional, area penelitian X berada pada Sub-Cekungan Tarakan yang dikenal memiliki sistem petroleum lengkap dan prospektif. Tatanan tektoniknya dikontrol oleh patahan Semporna dan Mangkalihat yang membentuk busur struktural berarah NW-SE serta *growth fault* yang menghasilkan perangkap *rollover* (tipe perangkap umum yang menjadi tempat terakumulasinya gas pada sistem deltaik). Dari sisi stratigrafi, area penelitian X juga menunjukkan bahwa kondisi geologinya sangat mendukung pembentukan perangkap hidrokarbon. Kombinasi faktor tersebut menjadikan area ini sebagai wilayah dengan prospek gas

yang kuat, sehingga pemetaan struktur kedalaman melalui konversi waktu ke kedalaman menjadi langkah krusial untuk mengurangi ketidakpastian dan mendukung estimasi volumetrik awal.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh jumlah sumur kontrol *checkshot* (skenario 1 sumur vs 3 sumur) terhadap akurasi hasil konversi waktu ke kedalaman menggunakan metode *direct conversion (polynomial fitting)*?
2. Bagaimana performa berbagai formulasi *well velocity modeling* $V = V_0 = V_{int}, V = V_0 + KZ, V = V_0 + K(Z - Z_0)$, dan $V = V_0 + KT$ dengan variasi skema input V_0 dan K dalam menghasilkan *depth map* yang akurat?
3. Seberapa besar ketidakpastian kedalaman yang ditunjukkan oleh perbedaan hasil terakurat antar metode (*direct* dan *well velocity modeling*), khususnya pada area yang jauh dari kontrol sumur?
4. Bagaimana *depth map* terbaik dapat diaplikasikan untuk menghasilkan estimasi awal volumetrik gas pada interval FS O60 – MFS P sebagai gambaran prospek?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengevaluasi pengaruh skenario jumlah dan kualitas data sumur kontrol *checkshot* (1 sumur vs 3 sumur) terhadap akurasi konversi waktu ke kedalaman pada metode *direct conversion* berbasis *polynomial fitting*.
2. Menganalisis performa berbagai formulasi *well velocity modeling* beserta variasi skema input V_0 dan K untuk memperoleh *depth map* dengan akurasi terbaik.
3. Menguantifikasi ketidakpastian kedalaman secara deterministik melalui perbandingan hasil terbaik antar metode (*direct* dan *well velocity modeling*), terutama pada area dengan kontrol sumur terbatas guna menentukan rentang ketidakpastian sebagai dasar penetapan margin pengeboran.

4. Mengaplikasikan *depth map* terbaik untuk menghasilkan estimasi awal volumetrik gas, sebagai gambaran prospek pada interval studi kasus FS O60 – MFS P.

1.4 Batasan Penelitian

1. Penelitian menggunakan 24 lintasan seismik 2D serta tiga data sumur (A, B, dan C) sebagai basis analisis.
2. Horizon yang dievaluasi dibatasi pada MFS B, MFS H, MFS P, dan MFS AA sebagai acuan validasi terhadap *marker* stratigrafi pada ketiga sumur.
3. Pada metode *direct conversion*, dilakukan dua skenario jumlah kontrol *checkshot*, yaitu 1 sumur dan 3 sumur untuk menilai sensitivitas hasil terhadap jumlah kontrol sumur.
4. Konversi waktu ke kedalaman dibatasi pada dua pendekatan metode, yaitu *direct conversion* berbasis *polynomial fitting* dan *well velocity modeling* dengan empat formulasi kecepatan, yaitu $V = V_0 = V_{int}$, $V = V_0 + KZ$, $V = V_0 + K(Z - Z_0)$, dan $V = V_0 + KT$ dengan variasi skema input V_0 dan K (*Constant*, *Well TDR Constant*, *Well TDR Surface*, dan kombinasi V_0 dari *Well TDR Surface* dan K dari *Well TDR Constant*).
5. Evaluasi akurasi model dibatasi pada validasi terhadap *marker* sumur menggunakan indikator *RMS error* (m dan %).
6. Analisis ketidakpastian dilakukan dengan secara deterministik melalui evaluasi perbedaan hasil antar metode konversi.
7. Koreksi *miss-tie* tidak dilanjutkan karena uji koreksi tambahan menghasilkan ketidaksesuaian baru pada horizon yang sebelumnya sudah koheren.
8. Estimasi volumetrik dilakukan pada interval studi kasus FS O60 – MFS P menggunakan *depth map* yang menunjukkan akurasi tertinggi dan hasilnya bersifat *preliminary* sebagai gambaran awal potensi prospek pada area penelitian.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Bagi kajian ilmiah (geofisika/seismik)

Memberikan gambaran praktis tentang bagaimana variasi data *checkshot* dan pemilihan formulasi model kecepatan memengaruhi akurasi konversi waktu ke kedalaman pada data seismik 2D, serta bagaimana analisis ketidakpastian dapat digunakan untuk memilih model konversi yang paling representatif di area penelitian X.

2. Bagi Industri

Menyediakan acuan teknis dalam pemilihan metode konversi waktu ke kedalaman dan model kecepatan yang optimal pada area dengan kontrol sumur terbatas, sehingga peta struktur kedalaman yang dihasilkan dapat digunakan untuk penentuan prospek dan perencanaan pemboran awal.

3. Bagi evaluasi prospek gas di area X

Memberikan estimasi awal volumetrik gas (OGIP dan cadangan terpulihkan) pada zona FS O60-MFS P berbasis model konversi terbaik, sehingga dapat menjadi dasar awal untuk penilaian prospek hidrokarbon dan rujukan bagi studi selanjutnya.

1.6 Waktu dan Tempat Penelitian

Lokasi penelitian secara geologis terletak di Cekungan Tarakan, khususnya merupakan bagian dari Sub-Cekungan Tarakan, di Provinsi Kalimantan Utara, Indonesia. Secara operasional, wilayah ini berada dalam wilayah kerja Pertamina Hulu Kalimantan timur (PHKT) Zona 10. Aktivitas penelitian bersifat studi data (*desk-based*) yang dilakukan di kantor operasional PHKT Zona 10, Balikpapan selama periode 8 minggu dengan total 55 hari kerja (1 Februari 2025 – 27 Maret 2025) dengan aktivitas utamanya berupa pengolahan data dan analisis model.