

Koreksi Akuisisi *Ocean Bottom Node (OBN)* menggunakan *First Break Positioning* dan Hodogram: Studi Kasus Akuisisi Seismik 3D XRAY OBN, Offshore North West Java

Permana Citra Adi^{1,*}, Yayat Supriyatna²

¹Pertamina EP

²Independent Consultant

*Email: permana.adi@pertamina.com

Submit: 2021-10-26 ; Revised: 2022-01-17 ; Accepted: 2022-06-17

Abstrak: Kami membahas hasil aplikasi dari suatu metoda inversi *least square* dan analisis *particle motion* pada gelombang *direct arrival* untuk mengestimasi kesalahan yang berhubungan dengan posisi koordinat dari *ocean bottom nodes (OBN)* beserta arah sumbu *geophone*. Koordinat awal untuk posisi nodal diperoleh dari hasil pengukuran metode akustik pada saat pembentangan dan sebelum pengangkatan nodal tersebut. Perhitungan posisi koordinat ini berdasarkan kecepatan gelombang akustik di dalam air dengan asumsi kecepatan tersebut konstan, dimana informasi kecepatannya diperoleh dari hasil pengukuran *logging tool*, *Sound Velocity Profile (SVP)*, dan oleh karena itu masih ada kemungkinan terjadi kesalahan pada penentuan posisi node. Beberapa nodal mengalami perubahan posisi ketika merekam data karena tertarik oleh jaring nelayan, dan meskipun nodal tersebut mempunyai alat untuk mengukur arah sumbu *geophone*, ada beberapa data *geophone* yang menunjukkan hasil koreksinya belum optimum untuk mendapatkan arah sumbu yang sesuai dengan arah referensi data akuisisi. Apabila gagal mengoreksi kesalahan-kesalahan tersebut maka akan terjadi artifact pada model kecepatan sehingga membuat kesalahan struktur bawah permukaan dan ketidakakuratan informasi amplitudo pada data *geophone*. Hasil koreksi pada data lapangan dapat meningkatkan kualitas citra bawah permukaan dari *P-Wave imaging* dan juga menghasilkan data *geophone* dengan *vector infidelity* terkoreksi untuk keperluan *S-Wave imaging*, sehingga informasi amplitudo dan kinematisnya dapat digunakan dalam analisis lebih lanjut pada proses *Quantitative Interpretation (QI)*.

Kata kunci: OBN, *positioning*, orientasi sumbu *geophone*, *vector fidelity*

Abstract: We present the result of applying a *least square inversion approach* and *particle motion analysis* on *direct arrival waves* to estimate-related errors associated with *ocean bottom nodes (OBN)* positioning and *geophone orientation*. The initial node coordinates are based on the *acoustic positioning method* at the time of deployment and before retrieval. These positions are computed on the assumption of a constant water velocity, which was measured directly by the *logging tool Sound Velocity Profile (SVP)*, and therefore there is a possibility to have a small error in the node positions. A few nodes demonstrated excessively high shifts

due to being dragged by a fishing net. Although the node has a sensor to measure the geophone orientation, some were not optimally re-oriented to the acquisition orientation reference. Failing to correct these errors could lead to artifacts in the velocity model, creating false structures and infidelity in geophone data. The result of these corrections on field data can improve P-Wave subsurface image quality and also correct the vector infidelity of geophone data for S-Wave imaging, so the amplitude and kinematic information on the data is ready to be used for further analysis, such as on Quantitative Interpretation (QI).

Keywords: OBN, *positioning*, *geophone orientation*, *vector fidelity*

1 PENDAHULUAN

Pada saat ini, teknologi akuisisi data seismik dengan teknologi *receiver Ocean Bottom Node (OBN)* telah berkembang secara cepat dan banyak digunakan khususnya di Indonesia karena secara operasional di lapangan lebih fleksibel, tingkat produktivitas yang lebih tinggi, lebih ramah lingkungan, dan menggunakan multi komponen sensor (4C) sehingga memungkinkan data yang diperoleh mengandung frekuensi yang lebih lebar dibandingkan dengan metode konvensional *Streamer*, serta mendapatkan data gelombang-S (*shear wave*) yang dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut pada proses *Quantitative Interpretation*. Dengan mempertimbangkan aspek operasional akuisisi, lapangan X-Ray banyak memiliki hambatan operasi baik di atas permukaan berupa anjungan fasilitas produksi, gas turbin dan juga *mooring buoy*, sementara dibawah permukaan air terdapat jaringan pipa produksi (Gambar 1), serta untuk menghasilkan kualitas citra bawah permukaan yang baik dengan meningkatkan kandungan frekuensi yang broadband maka diputuskan untuk menggunakan teknik OBN. Perairan di sekitar daerah survei merupakan wilayah terbuka dengan tingkat kesibukan aktivitas pelayaran yang cukup ramai. Disamping itu, terdapat juga aktivitas nelayan yang melakukan penangkapan ikan menggunakan jaring sehingga beberapa OBN mengalami pergeseran posisi yang cukup jauh dari posisi awalnya akibat terseret oleh jaring nelayan. Posisi OBN yang

dibentang di dasar laut tidak diukur secara langsung dengan menggunakan *Global Positioning System (GPS)* karena unit penerima sinyal GPS yang digunakan dalam survei seismik tidak bisa bekerja dibawah air, sehingga untuk keperluan pengukuran posisi OBN tersebut menggunakan metode akustik *Ultra-Short BaseLine (USBL)*. Prinsip kerja USBL tersebut adalah pemanfaatan gelombang akustik dengan frekuensi tertentu yang dipancarkan oleh suatu *transceiver* pada kapal survey kemudian sinyal akustik tersebut diterima oleh *transponder* yang terletak dekat dengan posisi OBN. *Transponder* akan memancarkan gelombang akustik dengan frekuensi yang sama kearah *transceiver*. Sinyal akustik yang dipancarkan dan diterima *transceiver* mengandung informasi *time-phase* dan juga sudut dari sinyal tersebut. Dengan diketahuinya posisi kapal survei, perjalanan waktu tempuh gelombang akustik dari *transceiver* ke *transponder*, kecepatan penjalaran gelombang akustik tersebut dalam air dan sudut dari suatu *transponder*, maka posisi OBN dapat ditentukan.

Pada survei ini alat akustik *transponder* dipasang pada setiap posisi OBN, secara desain jarak antara lintasan OBN adalah 300 meter dan jarak antar OBN adalah 200 meter. Dengan pertimbangan biaya dan waktu operasi maka pengukuran akustik hanya dilakukan pada dua kesempatan, yaitu setelah selesai pembentangan OBN dan sebelum pengangkatan (*harvesting OBN*) guna memastikan apakah terjadi perubahan posisi. Sedangkan untuk mengetahui posisi OBN dalam rentang waktu akuisisi dapat dianalisis dari informasi waktu tempuh gelombang langsung data seismik. Meskipun teknik akuisisi data seismik dengan cara OBN memberikan banyak kelebihan, akan tetapi banyak juga tantangan dan kesulitan dalam operasi di lapangan termasuk dalam hal langkah-langkah proses kendali mutu yang efektif dan efisien (Jianfeng dkk., 2021). Data yang terekam selama rentang waktu akuisisi tidak dapat diamati secara aktual, sehingga data baru dapat diamati untuk proses kendali mutu (QC) setelah proses pengunduhan selesai. Pada survei ini rentang waktu data akuisisi rata-rata lebih dari 15 hari untuk tiap posisi OBN. Teknik QC di lapangan untuk memastikan posisi OBN berada pada posisi yang tepat atau sesuai dengan toleransi desain adalah dengan melakukan koreksi *clock drift*, *first break positioning* dan koreksi arah sumbu *geophone* yang sangat penting untuk menjamin kualitas data seismik. QC yang dibahas pada tulisan ini hanya fokus pada pengenalan cara pemeriksaan posisi OBN dengan *first break positioning* dan arah sumbu *geophone* dengan cara menganalisis *particle motion* pada *direct arrival geophone*.

2 METODE

2.1 First Break Positioning

Prinsip metode *first break positioning* atau selanjutnya disingkat FBP, mirip dengan metode akustik, yakni menggunakan informasi waktu penjalaran gelombang langsung (Chameau, 2020). Dalam metode ini diasumsikan posisi titik sumber telah secara akurat diketahui dari hasil pengukuran GPS secara langsung, sedangkan posisi OBN yang perlu diverifikasi menggunakan minimum tiga lokasi titik sumber untuk mengestimasi lokasi keberadaan OBN dengan metode inversi —textitleast square. Semakin tersebar distribusi ti-

tik sumber yang berkontribusi dalam perhitungannya maka semakin naik tingkat kepercayaan hasil estimasinya.

Gambar 2 menunjukkan skematik akuisisi data seismik dengan metode OBN, dari gambar tersebut terlihat jarak dari posisi masing-masing titik sumber ke suatu titik penerima dapat dihitung dengan cara sbb:

$$d_i^2 = (x_i - R_x)^2 + (y_i - R_y)^2 + (z_i - R_z)^2 \quad (1)$$

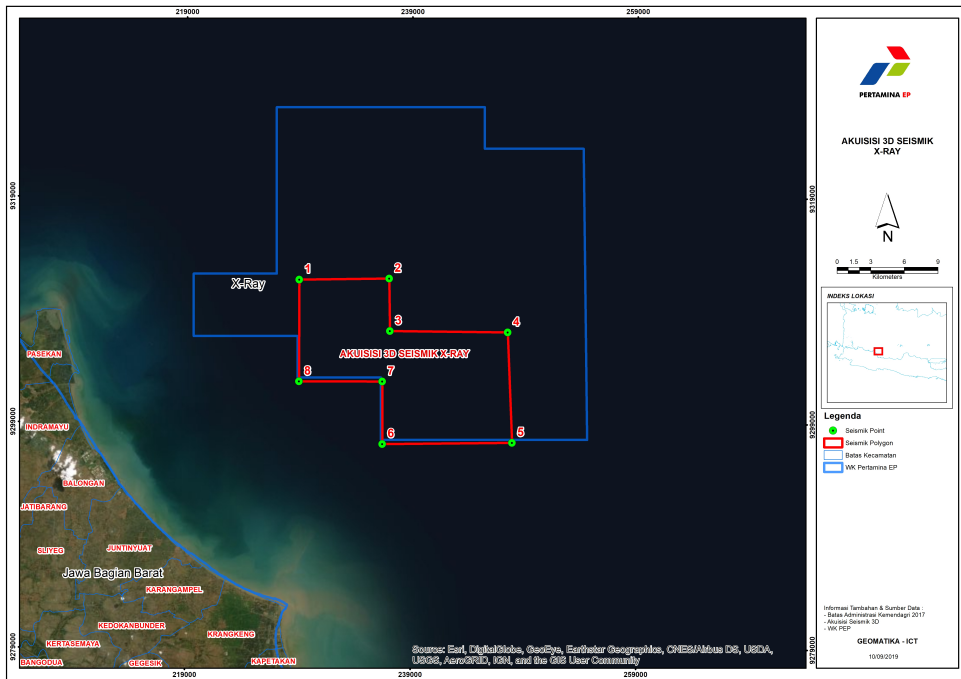
dan apabila kecepatan gelombang seismik dalam air (v) dan waktu tempuh penjalaran gelombang tersebut (t) diketahui maka jarak tersebut dapat disederhanakan menjadi:

$$d_i^2 = (v.t_i)^2 \quad (2)$$

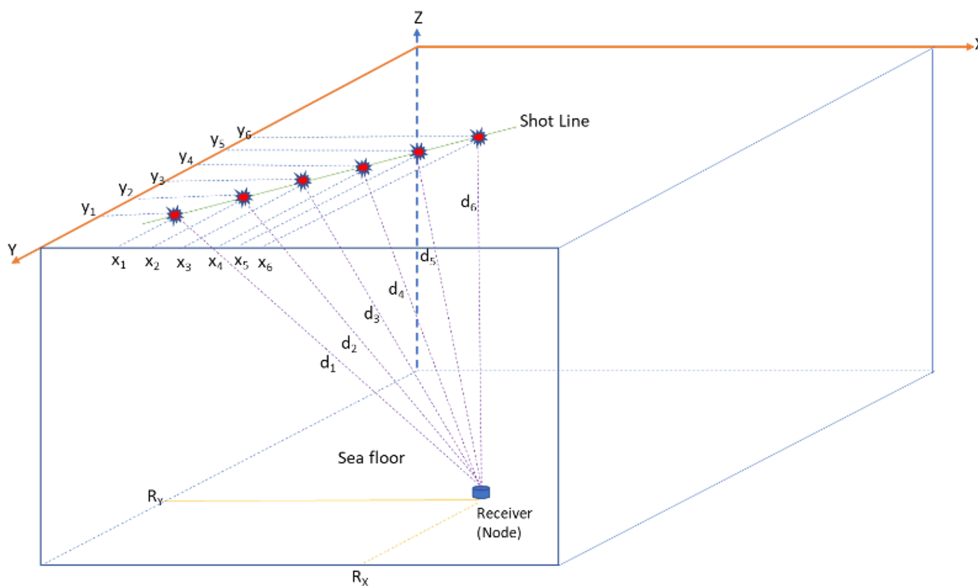
Informasi kecepatan gelombang seismik di dalam air diperoleh dari hasil pengukuran SVP, waktu tempuh dari hasil *first break picking* dan posisi titik sumber (x, y, z) diukur dengan GPS, dengan demikian variabel pada persamaan 1 yang akan dicari solusinya adalah nilai-nilai R_x, R_y dan R_z (lokasi *receiver*). Metode inversi *least square* dengan nilai awal R_x, R_y dan R_z dari hasil pengukuran USBL telah digunakan dalam proses uji mutu posisi OBN. Pergeseran OBN dapat dikenali dari beberapa indikator yang dapat teramati pada data lapangan diantaranya adalah perbedaan hasil pengukuran akustik setelah pembentangan dibandingkan dengan sebelum pengangkatan, ketidakselarasan *linear move out (LMO)* dan ketidak konsistenan *first break peak* (Gambar 3), serta *seismic noise* dan perubahan arah azimuth OBN secara drastis.

Jika terjadi pergeseran OBN maka QC yang dilakukan adalah dengan menganalisis data *tilt OBN (pitch, roll, dan azimuth)* untuk mengetahui saat mulai terjadi perubahan posisi. Untuk keperluan penentuan posisi OBN tersebut, data dipisahkan berdasarkan rentang waktu kejadiannya, kemudian dilakukan FBP pada masing masing bagian data tersebut. Pada lokasi OBN yang mengalami pergeseran maka penomoran receiver menggunakan penambahan indeks yang berbeda, indeks-1 menunjukkan posisi sebelum pergeseran dan indeks-2 setelah pergeseran. Analisis LMO dibatasi pada *offset* terjauh 200 meter, hal ini dikarenakan untuk mendapatkan gelombang *direct arrival* yang tidak terdistorsi oleh jenis gelombang refraksi. Pada data lapangan (Gambar 7) terlihat *event first break* pada *offset* lebih besar dari 200 meter bukan lagi murni *direct arrival* tetapi sudah sudah berupa gelombang refraksi dikarenakan lokasi receiver berada pada rata-rata kedalaman dasar laut sekitar 20 meter. Pemilihan rentang *offset* untuk analisa FBP ini ada hubungannya secara langsung dengan kedalaman dasar laut dan kecepatan gelombang seismik di dalam air pada lokasi survei.

Gambar 4 menunjukkan atribut arah azimuth sumbu *geophone* yang direkam oleh tilt sensor node untuk setiap 10 menit selama periode node tersebut dalam keadaan aktif yakni dari tanggal 21 Juni sampai dengan 8 Juli 2020. Sebelum tanggal 24 Juni terlihat perubahan nilai azimuth yang cukup drastis hal ini terjadi karena posisi OBN masih di atas kapal dan dalam proses pembentangan. Kemudian setelah OBN berada di dasar laut, nilai azimuth untuk masing-masing OBN terlihat stabil. Apabila terjadi pergeseran posisi seperti pada receiver station 5056 sampai 5060 maka nilai azimuth berubah secara drastis. Waktu awal perubahan



Gambar 1. Area akuisisi seismik OBN 3D X-Ray PT. Pertamina EP di Offshore North West Java



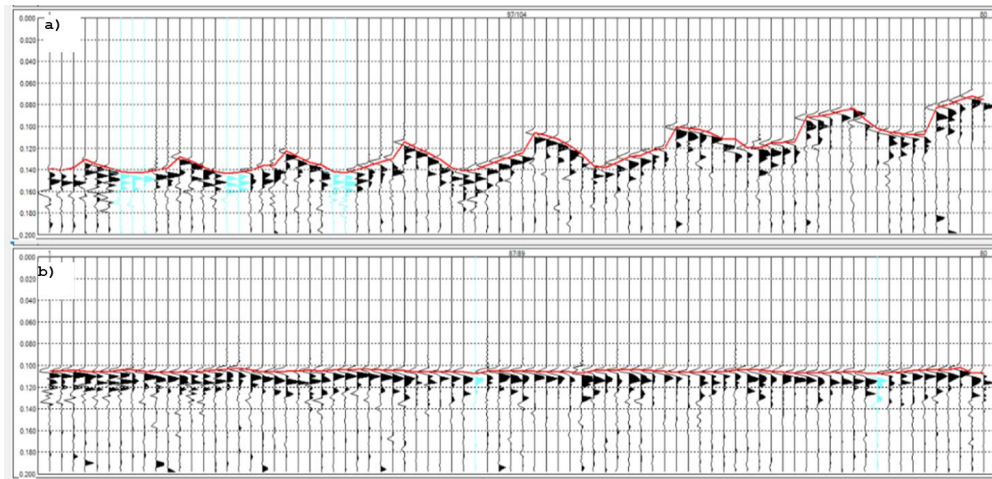
Gambar 2. Skema seismik akuisisi dengan OBN, shot points berupa airgun digambarkan dengan lingkaran merah, dan receiver (Node) dengan silinder biru.

ini sebagai indikasi telah terjadinya pergeseran posisi OBN tersebut. Informasi yang berharga dari data seismik adalah *travel time* dan amplitudo gelombang. Keakuratan *positioning* sangat penting untuk sinkronisasi informasi waktu tempuh dengan model kecepatan bawah permukaan. Kesalahan *positioning* dapat membuat kesalahan pada *stacked image* bawah permukaan sebagai sumber kesalahan tersembunyi dalam interpretasi, seperti terlihat pada Gambar 5.a yang ditandai dengan lingkaran biru. Setelah posisi OBN

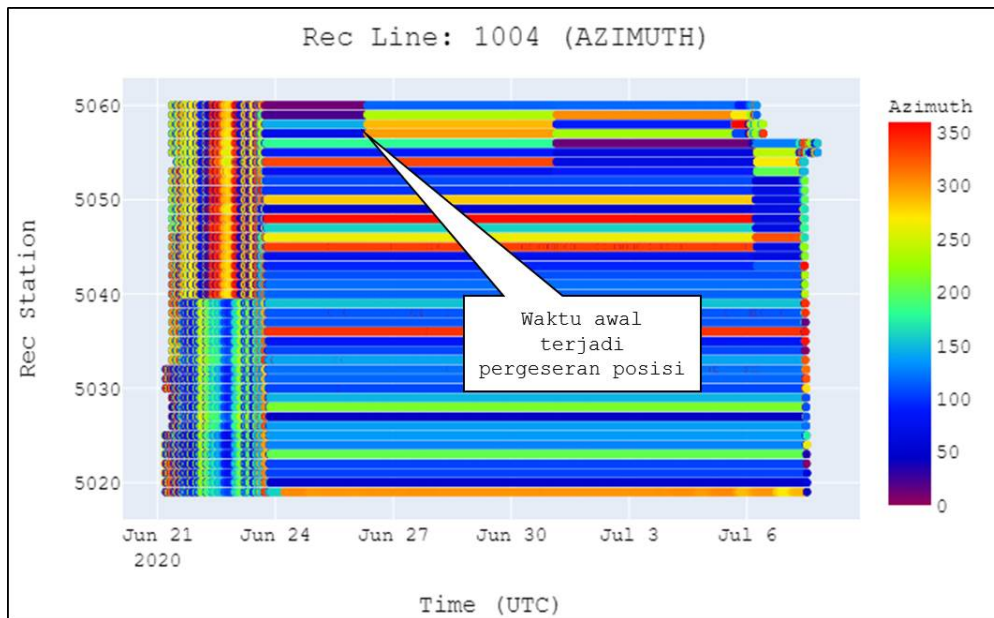
terkoreksi dengan benar, penampakan struktur antiklin pada *brute stack* tersebut menjadi tidak ada (Gambar 5.b).

2.2 Geophone Orientation

Gelombang-P yang dihasilkan oleh *airgun* akan membuat pergerakan partikel medium air terpolarisasi sesuai dengan arah penjalaran gelombangnya (Chameau, 2020). Di dalam lapisan air, arah perambatan gelombang konstan, sehingga



Gambar 3. Linear Moveout dengan batas offset 200 m untuk melakukan koreksi terhadap posisi receiver OBN: a) posisi node sebelum koreksi dan b) sesudah repositioning berdasarkan FBP



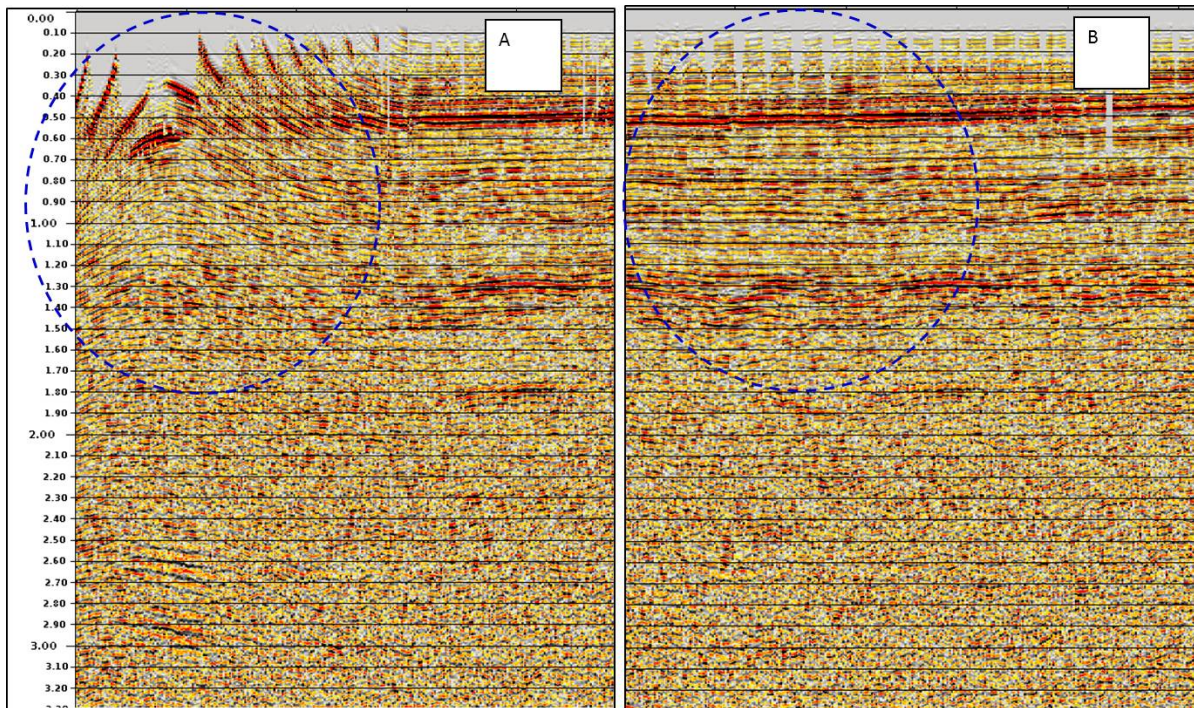
Gambar 4. Arah azimuth sumbu *geophone* yang terekam dalam rentang waktu akuisi data seismik.

kecepatan atau percepatan partikel terpolarisasi secara linier searah perambatan gelombang. Dengan asumsi linieritas tersebut maka untuk QC koreksi arah sumbu *geophone* digunakan analisis hodogram (Gambar 6). Hodogram adalah kurva yang menjelaskan pergerakan partikel medium dalam ruang tiga dimensi. Hasil hodogram sangat sensitif terhadap input data yang dipilih dan panjang window analisisnya. Dalam OBN survei di perairan dangkal pemilihan gelombang *direct arrival* terbatas pada rentang *offset* lebih kecil dari 200m, supaya data yang dipilih benar-benar murni *direct arrival*.

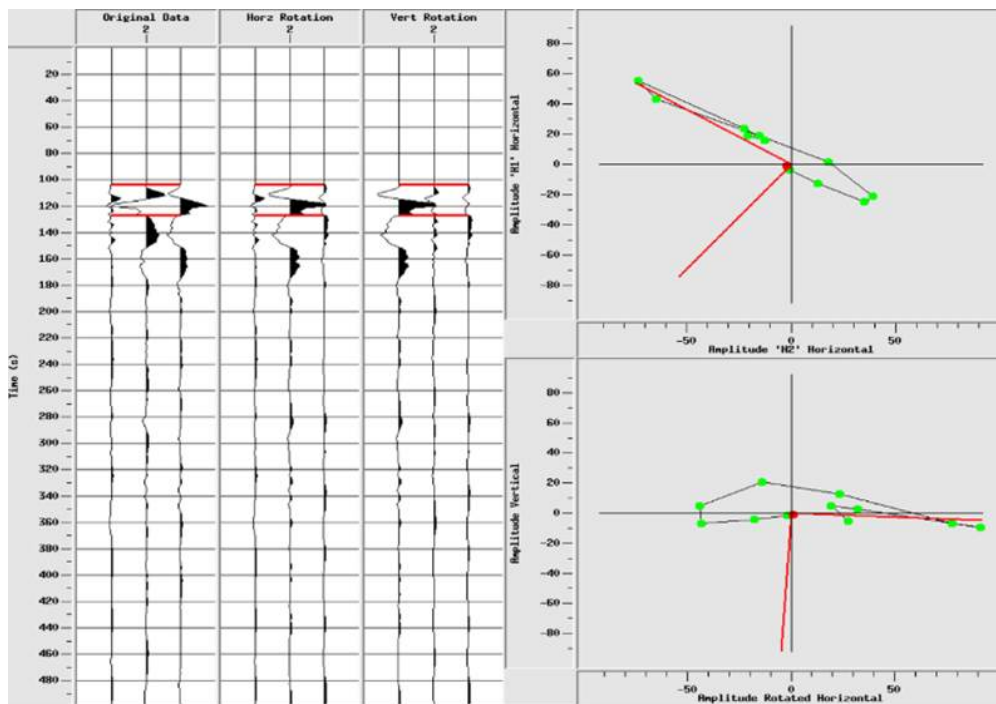
Pada survey OBN ini menggunakan produk FairField jenis Z100 yang sangat kuat dan memiliki sensor 4 komponen, OBN ini selain merekam data seismik, dilengkapi juga dengan *tilt sensor* untuk mengetahui arah sumbu *geophone* ketika merekam data. Data *tilt* (*pitch*, *roll*, *azimuth*) digunakan dalam proses reorientasi arah sumbu *geophone* yang

dilakukan ketika proses *combing* dari *continues record* menjadi konvensional *receiver gathers*. Kadang-kadang terjadi gangguan pada *tilt sensor* sehingga hasil proses reorientasi *geophone* tidak tepat. Untuk melakukan verifikasi dan menjamin mutu kualitas arah sumbu *geophone* ini telah digunakan metode hodogram. Metode ini terbukti cukup efektif sebagai teknik QC di lapangan untuk menghilangkan efek kesalahan pengukuran.

Gambar 7.a menunjukkan Receiver gather hasil koreksi orientasi arah sumbu *geophone* oleh Z-system dengan menggunakan informasi arah sumbu *geophone* hasil pengukuran *tilt sensor*. Terlihat hasil reorientasi sumbu *geophone* tersebut belum tepat, hal ini terindikasi dengan adanya energi gelombang-P pada komponen horizontal (Geo-Y) dan energi gelombang-S pada komponen vertikal (Geo-Z). Setelah dilakukan analisis hodogram dan digunakan untuk proses reorientasi (Gambar 7.b), pada akhirnya data *geophone* pa-



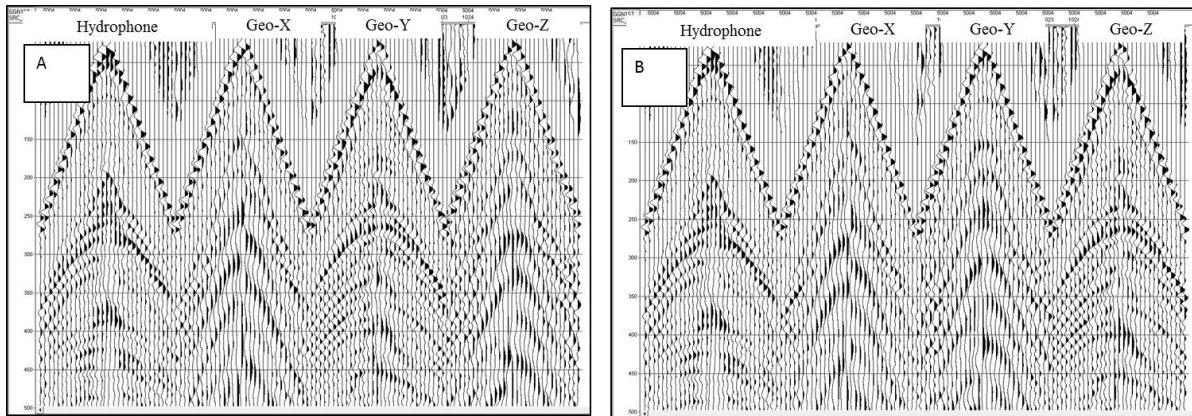
Gambar 5. Brute stack data lapangan: a) posisi OBN berdasarkan hasil pengukuran akustik dan b) koreksi positioning pada OBN dengan FBP



Gambar 6. Lebar *window analysis* (dua garis merah) pada panel sebelah kiri dipilih pada *direct arrival*. Panel kanan atas hodogram untuk komponen horizontal dan panel kanan bawah untuk komponen vertikal

da receiver tersebut telah sesuai dengan yang diharapkan. Apabila data pada Gambar 7.a langsung digunakan untuk proses *PZ summation*, yakni proses penggabungan atau penjumlahan data *hydrophone* (P) dengan *geophone* vertikal (Z) untuk memperoleh data gelombang-P yang terbebas dari

receiver ghost tidak akan optimum dan akan menurunkan kualitas *S/N receiver gather* tersebut, dikarenakan akan banyak gelombang-S yang mengkontaminasi hasil akhir proses *PZ summation* tersebut. Hasil koreksi pada data lapangan dapat meningkatkan kualitas citra bawah permukaan da-



Gambar 7. Receiver gathers dari shot line terdekat dan searah dengan inline; offset dibatasi 400m: a) rotasi sumbu *geophone* belum benar, gelombang S-Wave harusnya tidak terekam pada *geophone-Z*; b) hasil koreksi berdasarkan analisis hodogram

ri *P-Wave imaging* dan juga menghasilkan data *geophone* dimana *vector infidelity* telah terkoreksi untuk keperluan pencitraan gelombang-S, sehingga informasi amplitudo dan kinematisnya dapat digunakan dalam analisis lebih lanjut pada proses interpretasi.

3 KESIMPULAN

Seismik FBP sangat berguna untuk verifikasi hasil pengukuran akustik dan sebagai data sekunder untuk penentuan posisi OBN yang mengalami pergeseran. Keakuratan metode ini dapat diandalkan karena pada survei 3D OBN distribusi *source point* yang berkontribusi pada proses perhitungan tersebar dari segala arah. Analisis *particle motion* pada gelombang *direct arrival* telah berhasil diterapkan sebagai bagian teknik QC akuisisi lapangan secara efektif, sehingga data *geophone* telah siap untuk diolah dalam tahapan *PZ summation* dan bahkan dapat digunakan untuk keperluan pencitraan gelombang-S yang diperlukan pada tahap interpretasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Manajemen Pertamina EP baik Eksplorasi maupun Eksploitasi Aset-3 yang telah memberikan dukungan sepenuhnya dalam penulisan karya ilmiah ini. Patut diapresiasi juga bahwa seluruh kegiatan akuisisi dilakukan oleh 100% anak bangsa kolaborasi Pertamina EP dan PT Elnusa Tbk.

Pustaka

- Chameau, J.J. (2020): APPSEIS User's manual. KAPPA Offshore Solutions.
- Jianfeng, W., Yinghe, Q., Wei Feng, S., Haishen, Y., Hu, T. dan Mingliang, W. (2021): Obn acquisition data segmentation and qc techniques. *First International Meeting for Applied Geoscience and Energy*, Society of Exploration Geophysicists.