

## OPTIMALISASI DAN ANALISIS DESAIN PARAMETER SEISMIK 3D DARAT BERDASARKAN MODEL GEOLOGI LAPANGAN “RL”

Ravide Lubis, Bagus S. Mulyatno, Karyanto

Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Lampung  
Jl. Prof. Sumantri Bojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145  
Email : [ravide.loebis@gmail.com](mailto:ravide.loebis@gmail.com)

### ABSTRAK

Desain parameter seismik 3D darat merupakan tahapan awal sebelum akuisisi data seismik 3D darat untuk memperoleh kualitas data seismik dan anggaran survei yang efisien. Tujuan penelitian desain parameter seismik 3D darat ini untuk memperoleh kualitas data seismik 3D darat yang tinggi berdasarkan penyebaran *fold coverage* pada masing-masing lapisan target. Adapun metode yang digunakan yaitu berdasarkan prinsip penjalaran gelombang (*ray tracing*) pada masing-masing lapisan target dimana di setiap titik pantul gelombang (*bin*) akan memiliki nilai *fold* yang berbeda sehingga dibutuhkan pemilihan konfigurasi bentangan yang akan menghasilkan penyebaran *fold* yang optimal. Konfigurasi bentangan yang diterapkan, yaitu *orthogonal*, *brick*, *zig-zag* dan *slanted*, dimana masing-masing konfigurasi bentangan menggunakan dua tipe *template* yaitu *narrow* dan *wide azimuth*. Dari hasil analisis simulasi rekaman beberapa konfigurasi bentangan di area survei, maka diperoleh konfigurasi bentangan optimal yang akan diterapkan di area survei. Konfigurasi bentangan yang diterapkan, yaitu konfigurasi bentangan *orthogonal* dengan tipe *template narrow azimuth*. Pertimbangan pemilihan konfigurasi bentangan ini karena memiliki penyebaran *fold* yang lebih merata pada lapisan target dibandingkan dengan konfigurasi bentangan yang lain. Selanjutnya untuk memperoleh konfigurasi bentangan yang sesuai kondisi lapangan, maka dilakukan pemindahan titik *source* di luar zona *obstacle* (halangan), supaya kualitas data seismik tetap terjaga.

### ABSTRACT

The design of 3D land seismic parameters is a preliminary step before the acquisition of 3D land seismic data to obtain seismic data quality and efficient survey budget. The objective of this research is to obtain high quality of 3D land seismic data based on fold coverage spread on each target layer. The method used is based on the principle of wave propagation or ray tracing method on each target layer, wherein each wave reflection point (bin) will have a different value of fold so that the required configuration of the stretch that will result in the optimal spread of the fold. The applied stretch configurations are orthogonal, brick, zig-zag and slanted where each stretch configuration uses two types of templates that is narrow and wide azimuth. From the simulation analysis results of several stretch configurations in the survey area, then the optimal stretch configuration will be obtained in the survey area. The stretch configuration will be applied is the configuration of orthogonal stretch with narrow azimuth type template. Consideration of the selection of this stretch configuration because it has a more evenly folding effect on the target layer than with other stretch configurations. Furthermore, to obtain the configuration of the appropriate stretch of field conditions, the source point is moved outside the obstacle zone so that the quality of seismic data is maintained.

**Keywords** - Design of 3D land seismic parameter, Stretch configurations, Quality of seismic data.

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sebelum pelaksanaan akuisisi data seismik, maka tahapan awal yang perlu dilakukan, yaitu penentuan desain survei seismik. Desain survei seismik merupakan tahapan dalam pemilihan parameter akuisisi data seismik dengan mempertimbangkan target yang akan dicapai dan masalah-masalah yang akan timbul saat proses akuisisi data. Parameter akuisisi seismik dari suatu lapangan biasanya tidak sama dengan lapangan yang lain. Penentuan parameter akuisisi seismik bertujuan untuk menetapkan parameter awal dalam suatu rancangan survei seismik yang dipilih sedemikian rupa, sehingga dalam pelaksanaannya akan memperoleh informasi target selengkap mungkin dan *noise* serendah mungkin (*S/N ratio* tinggi). Secara tidak langsung, parameter akuisisi yang diterapkan akan sangat berpengaruh terhadap kualitas data seismik yang diperoleh (Chouch dan Mari, 2006).

Belakangan ini, perancangan desain survei seismik sudah mulai menerapkan *ray tracing modelling* (pemodelan penjalaran gelombang) untuk memetakan titik pantul gelombang yang terbentuk pada suatu reflektor, sehingga dengan demikian para perancang desain survei seismik dapat memprediksi kualitas data seismik dengan lebih detail. Secara prinsipnya, metode pemodelan penjalaran gelombang ini menerapkan teori penjalaran gelombang pada suatu medium terhadap suatu model geologi bawah permukaan yang telah diketahui parameter fisisnya. Secara spesifik, metode penjalaran gelombang dapat diterapkan untuk menentukan analisis *illumination* atau analisis sebaran *full fold migration* pada suatu lapisan target dari survei seismik (Fuchsluger, 2011).

### 1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Menentukan parameter desain survei seismik 3D yang optimal berdasarkan parameter target Lapangan RL.

2. Optimalisasi pemilihan konfigurasi bentangan dan tipe *template* dalam rangka mendapatkan kualitas data seismik yang memiliki *S/N ratio* yang tinggi.
3. Menganalisis kualitas data seismik 3D berdasarkan hasil simulasi rekaman desain parameter seismik 3D di Lapangan RL.
4. Membuat desain survei seismik 3D darat yang telah sesuai dengan kondisi geologi dan lingkungan di Lapangan RL.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Petroleum System*

*Petroleum System* merupakan sebuah sistem yang menjadi panduan utama dalam eksplorasi hidrokarbon. Sistem ini digunakan untuk mengetahui keadaan geologi, dimana minyak dan gas bumi terakumulasi (Koesoemadinata, 1980). Secara umum sistem terbentuknya minyak dan gas bumi atau disebut juga *petroleum system* yang terdiri atas: batuan sumber, batuan reservoir, batuan penyekat, perangkap dan migrasi.

## 3. TEORI DASAR

### 3.1 Gelombang Seismik

Gelombang secara umum adalah fenomena perambatan gangguan dalam medium disekitarnya. Gelombang seismik adalah jenis gelombang dengan media penjalarannya bumi. Gelombang seismik disebut juga gelombang elastik karena osilasi partikel-partikel medium terjadi akibat interaksi antara gaya gangguan (*gradient stress*) melawan gaya-gaya elastik. Dari interaksi ini dapat muncul gelombang *longitudinal* (gelombang akustik), gelombang *transversal* atau kombinasi keduanya (Sherif dan Geldart 1995)

Menurut cara bergetarnya, gelombang seismik terbagi atas dua tipe gelombang, yaitu Gelombang *P* dan Gelombang *S*. Menurut Lowrie, 2007 bahwa Gelombang

$P$  melewati suatu medium secara dilatasi dan kompresi. Persamaan gelombang kompresi dalam arah  $x$ ,

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} = \alpha^2 \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} \quad \dots(1)$$

Dimana  $\alpha$  adalah kecepatan gelombang  $P$  yang dirumuskan sebagai berikut,

$$\alpha = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} = \sqrt{\frac{K + \frac{4}{3}\mu}{\rho}} \quad \dots(2)$$

Persamaan 2 memperlihatkan bahwa Gelombang  $P$  dapat menjalar pada medium padat, cair dan gas yang semuanya bersifat dapat dimampatkan ( $K \neq 0$ ). Sedangkan Gelombang  $S$  yang terpolarisasi pada bidang vertikal disebut Gelombang  $SV$  dan Gelombang  $S$  yang terpolarisasi pada bidang horizontal disebut Gelombang  $SH$ . Persamaan kecepatan gelombang  $S$ , diberikan sebagai berikut,

$$\beta = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad \dots(3)$$

Berdasarkan sifat elastisnya, mendefinisikan bahwa kecepatan gelombang  $S$  adalah *rigiditas* atau *modulus shear* ( $\mu$ ). Di dalam medium cair dan gas,  $\mu$  bernilai 0 dan gelombang  $S$  tidak dapat melewatinya

## 3.2 Parameter Target

Parameter target adalah parameter yang berhubungan dengan deskripsi (gambaran) geologi bawah permukaan. Parameter target merupakan masukan awal dalam melakukan desain survei seismik 3D, semakin jelas diskripsi target akan semakin baik pula desain yang dihasilkan. Parameter target tersebut terdiri dari 7 parameter (Cordsen dalam Edy, 2011) yaitu:

### 3.2.1 Target Sasaran

Merupakan lapisan batuan bawah permukaan bumi yang menarik untuk diselidiki dengan menggunakan metode seismik karena diperkirakan memiliki kandungan hidrokarbon yang potensial.

### 3.2.2 Kedalaman Obyektif

Merupakan kedalaman obyektif utama dan kedalaman obyektif sekunder dimana kedua kedalaman tersebut dapat diukur dari peta struktur atau dari penampang seismik sebelumnya.

### 3.2.3 Kedalaman Bawah Permukaan

Merupakan luasan dari batas (*horizon*) atas dan bawah kedalaman obyek yang membutuhkan penggambaran seismik.

### 3.2.4 Kemiringan Target

Merupakan sudut antara bidang *orthogonal* terhadap bidang netral. *Dip* diukur dari peta struktur atau dari penampang seismik sebelumnya.

### 3.2.5 Frekuensi

Merupakan frekuensi maksimum yang diharapkan masih bisa diterima yang terkandung dalam jejak seismik yang diperoleh di lapangan.

### 3.2.6 Kecepatan Gelombang

Kecepatan gelombang yang dimaksud adalah kecepatan interval dimana kecepatan ini diperoleh dari hasil *well velocity survey* yang dibuat berdasarkan interval kedalaman.

### 3.2.7 Cadangan Minyak

Merupakan cadangan minyak tersisa (*total recoverable reserves*) suatu lapangan meliputi cadangan terbukti, cadangan mungkin, cadangan boleh jadi dan cadangan potensial EOR (*Enhance Oil Recovery*).

## 3.3 Parameter Akuisisi Seismik

Parameter akuisisi dalam eksplorasi seismik memiliki pengaruh penting untuk memperoleh kualitas data seismik yang optimal serta memiliki anggaran survei yang efisien. Berikut merupakan beberapa parameter akuisisi seismik tersebut,

### 3.3.1 Kelipatan Liputan

Fuchsluger, 2011 menyatakan bahwa kelipatan liputan (*Fold Coverage*) adalah jumlah semua *Common Mid Point (CMP)*, yang ditandai oleh satu *bin*, karena itu setiap *bin* memiliki kelipatan liputan yang spesifik. Untuk seismik 3D, kelipatan liputan dapat dirumuskan sebagai berikut,

$$F_{stacking} = F_{il} \times F_{xl} \quad \dots(4)$$

Keterangan:

$F_{stacking}$  : *Fold* penuh  
 $F_{il}$  : *Fold* arah *inline*  
 $F_{xl}$  : *Fold* arah *crossline*

Dimana *fold* arah *inline* dan *fold* arah *crossline* dapat dirumuskan sebagai berikut,

$$F_{il} = \left[ \frac{1}{2} * (nRC) * \left( \frac{RLI}{SI} \right) \right] \quad \dots(5)$$

$$F_{xl} = \left[ \frac{1}{2} * (nRL) \right] \quad \dots(6)$$

Keterangan:

$nRC$  : Jumlah *channel receiver*  
 $RLI$  : Jarak antara lintasan *receiver*  
 $SI$  : Jarak antara *shot point*  
 $nRL$  : Jumlah lintasan *receiver* dalam satu *template*.

### 3.3.2 Ukuran Bin

Ukuran *bin* dikontrol oleh jarak antara *receiver (RI)* dan jarak antara *source (SI)*, dimana mereka memiliki ukuran yang sama, sehingga berbentuk kuadrat. *RI* dan *SI* mendefinisikan jarak *spatial sampling*, yang merupakan faktor penting dalam survei seismik. *RI* dan *SI* ditentukan pada tahap akuisisi dan tidak akan bisa diperbaiki pada saat pengolahan data. Jarak antara *receiver* dan *source* yang kecil sangat menguntungkan dalam semua kasus untuk kualitas data seismik tetapi akan mempengaruhi anggaran survei secara signifikan (Ebrom dalam Fuchsluger, 2011). Ukuran bin dapat dirumuskan sebagai berikut,

$$B = \frac{V}{4 * f_{max} * \sin(\theta)} \quad \dots(7)$$

Keterangan:

$V$  : Kecepatan interval atau rms  
 $f_{max}$  : Frekuensi maksimum  
 $\theta$  : Kemiringan reflektor

### 3.3.3 Migrasi Aperture

Migrasi *aperture* didefinisikan sebagai suatu pinggiran yang harus ditambahkan pada sekeliling area target bawah permukaan dalam memigrasikan target-target yang miring dengan benar dan memfokuskan dengan benar energi yang terdifraksi pada pinggir area target. Migrasi *aperture* berhubungan dengan dua aspek teknik migrasi, yaitu memindahkan reflektor miring ke posisi reflektor yang sebenarnya dan menghilangkan difraksi. Batas eksternal migrasi *aperture* berhubungan dengan area *fold* yang penuh (Chaouch dan Mari, 2006). Migrasi *aperture* dapat dirumuskan sebagai berikut,

$$M_a = Z * \tan \alpha = \left( \frac{V_{t0}}{2} \right) * \tan \alpha \quad \dots(8)$$

Keterangan:

$Z$  : Kedalaman target dari permukaan  
 $V_{t0}$  : Kecepatan target dari permukaan  
 $\alpha$  : Kemiringan reflektor target.

### 3.3.4 Offset Maksimum

*Offset* maksimum ( $X_{max}$ ) berhubungan dengan jarak antara titik *shot* yang aktual dan *receiver* terjauh dari suatu *template*. Jadi  $X_{max}$  dapat diperkirakan sebagai setengah dari panjang diagonal *template* dengan persamaan,

$$X_{max} = \sqrt{(X_{cross}^2 + X_{in}^2)} \quad \dots(9)$$

Dimana:

$X_{max}$  : *Offset* maksimum  
 $X_{cross}$  : Jarak antara titik *shot* dan lintasan *receiver* terjauh dalam arah *crossline*  
 $X_{in}$  : Jarak antara titik *shot* dan lintasan *receiver* terjauh dalam arah *inline*

### 3.3.5 Offset Minimum

Offset terpendek pada *bin* ini adalah *offset* minimum yang terpanjang dari suatu survei yang disebut  $X_{min}$  (Gambar 28) atau dapat disesuaikan dengan diagonal dari suatu *box*.  $X_{min}$  pada desain *orthogonal*, *brick*, dan *zigzag* ditentukan dengan,

$$X_{min} = \sqrt{R_y^2 + S_x^2} \quad \dots(10)$$

Dimana:

$X_{min}$  : Offset minimum maksimum

$R_y$  : Jarak antara lintasan *receiver*

$S_x$  : Jarak antara lintasan *source*

### 3.3.6 Panjang Perekaman

Menurut Chaouch dan Mari, 2006 bahwa panjang perekaman dipilih berdasarkan *two way time (TWT)* dari lapisan terdalam dari zona target karena waktu migrasi *aperture* untuk mengecilkan difraksi dihasilkan oleh formasi yang terdalam, perubahan statik dan pengolahan data yang dibutuhkan. Panjang perekaman harus disesuaikan dengan waktu target yang diperlukan agar menghindari peningkatan yang kurang bermanfaat dari panjang durasi survei.

### 3.3.7 Laju Pencuplikan

Laju pencuplikan akan menentukan batas frekuensi maksimum yang masih dapat direkam dan direkonstruksikan dengan benar sebagai data. Frekuensi yang lebih besar dari batas maksimum akan mengakibatkan timbulnya *aliasing*. Batas maksimum tersebut, yaitu frekuensi *Nyquist*. Pada umumnya sinyal frekuensi tinggi dicuplik dengan laju pencuplikan 2 ms atau 1 ms agar terhindar dari *alias* (Sismanto, 1996). Frekuensi *Nyquist* dihitung dengan persamaan,

$$f_q = \frac{1}{2\Delta t} \quad \dots(11)$$

Dimana:

$f_q$  : Frekuensi *Nyquist* (Hz)

$\Delta t$  : Laju pencuplikan (s)

### 3.3.8 Konfigurasi Bentangan

Penentuan konfigurasi bentangan *receiver* dan *source* berdasarkan pada tujuan survei dan kemudahan di lapangan. Beberapa tipe bentangan (*spread*) pada seismik 3D diantaranya; *stright line/orthogonal*, *brick* dan *slanted*. Pemahaman mengenai geometri *orthogonal* merupakan hal yang mendasar. Karena baik desain *template* maupun desain *spread* (*brick*, *slanted*, *zigzag*) merupakan turunan atau modifikasi dari geometri *orthogonal* (Cordsen dalam Andita, 2013).

### 3.3.9 Ukuran Template

Pemisahan yang jelas antara survei dengan *template wide-azimuth* dan *template narrow-azimuth* dibuat berdasarkan aspek rasio dari *template* perekaman. Aspek rasio didefinisikan sebagai perbandingan dimensi *crossline* dengan dimensi *inline* pada *template*. *Template* perekaman dengan aspek rasio  $< 0.5$ , tergolong sebagai *Narrow-Azimuth*. Sedangkan *template* perekaman dengan aspek rasio  $> 0.5$ , tergolong sebagai *Wide-Azimuth* (Cordsen dalam Andita, 2013).

### 3.3.10 Ukuran Sumber

Ukuran sumber (*dynamit*, tekanan pada *air gun*, *water gun*, dll) merupakan ukuran energi yang dilepaskan oleh sumber seismik. Sumber yang terlalu kecil jelas tidak mampu mencapai target yang dalam, sedangkan ukuran sumber yang terlalu besar dapat merusak data dan sekaligus meningkatkan *noise*. Oleh karena itu, diperlukan ukuran sumber yang optimal melalui *test charge* (Sismanto, 1996).

### 3.3.11 Kedalaman Sumber

Sumber sebaiknya ditempatkan dibawah lapisan lapuk, sehingga energi sumber dapat ditransfer optimal masuk ke dalam sistem lapisan medium dibawahnya. Untuk mengetahui ketebalan lapisan lapuk dapat diperoleh dari hasil survei seismik

refraksi atau *up hole survey* (Sismanto, 1996).

### 3.4 Ray Tracing

*Ray tracing* (jejak gelombang) merupakan perhitungan cepat untuk penyelesaian persamaan gelombang penuh dan perkiraan untuk gelombang dengan energi tinggi berulang kali. Asumsi ini cukup memadai untuk banyak penerapan seismik. Dasar dari *ray tracing* adalah persamaan *Eikonal*, dimana berasal dari persamaan gelombang skalar (Schurr dalam Fuchsluger, 2011).

Persamaan *Eikonal* dapat ditransformasikan dari fungsi penjalaran waktu ke fungsi penjalaran sinar gelombang (persamaan *ray tracing* kedua):

$$\frac{d\vec{p}}{ds} = \frac{d}{ds} \left( \frac{1}{v(\vec{x})} * \frac{d\vec{x}}{ds} \right) = \vec{\nabla} \left( \frac{1}{v(\vec{x})} \right) \quad \dots(12)$$

*Ray tracing* bertujuan untuk menyelesaikan persamaan deferensial untuk mendapatkan sinar gelombang untuk fungsi kecepatan yang berubah-ubah. Secara umum, perhitungan ini diselesaikan dengan *finite differences* (Yang, 2003).

## 4. METODOLOGI PENELITIAN

### 4.1 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Laptop
2. *Software* Omni 3D *Design and Modelling* v.12.00
3. *Software* Global Mapper v.15.00
4. *Software* ArcGIS v.10.1

### 4.2 Prosedur Penelitian

#### 4.2.1 Parameter Target dan Model Geologi

Pemodelan geologi bawah permukaan daerah survei berdasarkan parameter target yang diketahui dari survei seismik dan geologi sebelumnya. Adapun informasi yang diperoleh dari parameter target tersebut adalah kecepatan interval (*V-Pi*

dan *V-Si*), densitas, frekuensi dominan, kedalaman dan struktur setiap perlapisan. Kemudian dari data parameter target tersebut dibuat model geologi 3D bawah permukaan.

#### 4.2.2 Evaluasi Teknis dan Parameter Akuisisi

Penentuan parameter akuisisi dilakukan untuk mendapatkan parameter akuisisi yang sesuai dengan target. Parameter akuisisi diperoleh dari evaluasi teknis parameter target berdasarkan data geologi dan data seismik sebelumnya.

#### 4.2.3 Penentuan Konfigurasi Bentangan Ideal

Pada penentuan konfigurasi bentangan ideal ini menggunakan empat model konfigurasi bentangan yaitu *orthogonal*, *brick*, *zigzag* dan *slanted* secara teoritis. Dimana keempat konfigurasi bentangan ini menggunakan parameter geofisika yang sama namun penerapan bentangan rangkaian *geophone* yang berbeda.

#### 4.2.4 Simulasi Rekaman Konfigurasi Bentangan Ideal

Hasil dari keempat konfigurasi bentangan ideal tersebut selanjutnya akan dilakukan simulasi rekaman. Simulasi rekaman yang dilakukan, yaitu simulasi distribusi *fold*, *offset* dan *azimuth* serta analisis *illumination (fold migrated)* berdasarkan konsep *ray tracing*.

#### 4.2.5 Analisis Hasil Simulasi Rekaman Konfigurasi Bentangan Ideal

Berdasarkan hasil analisis simulasi rekaman maka akan diperoleh kualitas data seismik teoritis dari masing-masing konfigurasi bentangan dan selanjutnya dari analisis ini akan ditentukan satu konfigurasi dan *template* yang akan dipilih untuk diterapkan pada lapangan survei.

#### 4.2.6 Penentuan Konfigursai Bentangan *Rill*

Konfigurasi bentangan *rill* diterapkan berdasarkan konfigurasi bentangan ideal yang telah dipilih. Pada konfigurasi ini akan diasosiasikan dengan kondisi atau halangan (obstacle) di lapangan.

#### 4.2.7 Simulasi Rekaman Konfigurasi Bentangan *Rill*

Simulasi rekaman yang dilakukan sama halnya dengan simulasi rekaman konfigurasi bentangan ideal sebelumnya yaitu simulasi distribusi *fold*, *offset* dan *azimuth* serta analisis *illumination* (*fold migrated*) berdasarkan *ray tracing*.

#### 4.2.8 Analisis Hasil Simulasi Rekaman Konfigurasi Bentangan *Rill*

Hasil simulasi rekaman bentangan *rill* dilakukan analisis untuk melihat kualitas datanya. Jika hasil simulasi rekaman menunjukkan kualitas data yang belum mencapai target secara efisien maka bentangan rangkaian *geophone* dilakukan teknik *undershooting* sampai memperoleh kualitas data yang bagus dan tetap mencapai target sasaran.

### 5. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Parameter Target dan Pemodelan Geologi

Parameter target diperoleh dari hasil survei geologi dan seismik sebelumnya. Parameter Target Lapangan RL dapat dilihat pada **Tabel 1**. Dari parameter target yang telah diketahui, maka dapat dilakukan pemodelan geologi secara 3D **Gambar 1**.

Berdasarkan evaluasi teknis sebelumnya, yang menjadi kedalaman bawah permukaan yang membutuhkan gambaran seismik 3D yaitu berkisar dari kedalaman 500–2800 m bawah permukaan dengan target lapisan obyektif utama pada Formasi 3 dan lapisan obyektif sekunder pada formasi 4 dan *Basement*.

#### 5.2 Evaluasi Teknis Parameter Target

Evaluasi teknis yang dilakukan yaitu dengan cara melakukan analisis terhadap model geologi atau formasi geologi yang menjadi target sasaran. Adapun analisis yang dilakukan, yaitu analisis ukuran *bin*, *offset* dan migrasi *aperture* pada reflektor atau horizon target.

Berdasarkan analisis yang dilakukan diperoleh kisaran ukuran *bin* terkecil pada lapisan target berkisar dari 12,4–14,5 m, *offset* terdekat ( $X_{min}$ ) yang berkisar dari 497,6–830,3 m dan *offset* terjauh ( $X_{max}$ ) berkisar dari 1077,9–2281,7 m atau lebih, dan migrasi *aperture* yang diterapkan berkisar 600–1000 m.

#### 5.3 Penentuan Parameter Akuisisi

Dari evaluasi teknis yang telah dilakukan maka diperoleh parameter hasil evaluasi teknis yang optimal, yaitu ukuran bin minimum 10 m, *offset* terdekat berkisar 497,6–830,3 m, *offset* terjauh berkisar 1077,9–2281,7 m dan migrasi *aperture* berkisar 600m.

Berdasarkan hasil evaluasi teknis yang telah dilakukan, maka dapat ditentukan parameter akuisisi yang optimal pada Lapangan RL **Tabel 2**.

#### 5.4 Penerapan Konfigurasi Bentangan Ideal

Pada penelitian ini diterapkan empat model konfigurasi bentangan ideal, yaitu *orthogonal*, *brick*, *zig-zag* dan *slanted*. Pertimbangan pemilihan konfigurasi bentangan ini berdasarkan kualitas data seismik berdasarkan penyebaran *fold* pada masing-masing lapisan target (seismik *illumination*) dan juga berdasarkan efisiensi anggaran survei yang ditentukan berdasarkan jumlah *source* yang digunakan di Lapangan RL.

Dari konfigurasi bentangan dan tipe template yang diterapkan, maka diperoleh konfigurasi bentangan ideal *orthogonal* memiliki *source* sejumlah 10092 titik dan *receiver* sejumlah 21000 titik **Gambar 2**, konfigurasi bentangan ideal *brick* ini

memiliki *source* sejumlah 9924 titik dan *receiver* sejumlah 21000 titik **Gambar 3**, konfigurasi bentangan ideal *zig-zag* ini memiliki *source* sejumlah 9744 titik dan *receiver* sejumlah 21000 titik **Gambar 4**, dan pada konfigurasi bentangan ideal *slanted* ini memiliki *source* sejumlah 9744 titik dan *receiver* sejumlah 21000 titik **Gambar 5**.

### 5.5 Simulasi dan Analisis Rekaman Konfigurasi Bentangan Ideal

Pada konfigurasi bentangan ideal ini simulasi dan analisis rekaman dibagi atas dua *template*, yaitu *narrow* dan *wide azimuth*. Dari masing-masing *template* ini akan dilakukan simulasi rekaman berdasarkan penyebaran *fold migrated* (*illumination*) pada masing-masing konfigurasi bentangan di zona target.

Dari hasil simulasi rekaman konfigurasi bentangan ideal *orthogonal* dengan model *template wide azimuth* **Gambar 6** dan model *template narrow azimuth* **Gambar 7**, konfigurasi bentangan ideal *brick* dengan model *template wide azimuth* **Gambar 8** dan model *template narrow azimuth* **Gambar 9**, konfigurasi bentangan ideal *zig-zag* dengan model *template wide azimuth* **Gambar 10** dan model *template narrow azimuth* **Gambar 11**, dan konfigurasi bentangan ideal *slanted* dengan model *template wide azimuth* **Gambar 12** dan model *template narrow azimuth* **Gambar 13** dapat dilihat secara statistik pada **Tabel 3** dan **Tabel 4**.

Dari keseluruhan model konfigurasi dan ukuran *azimuth* yang diterapkan dapat dianalisis bahwa pada zona patahan curam dan cekungan (struktur *sinklin*) sempit memiliki variasi *fold* semakin sedikit dibandingkan pada zona antiklin, hal ini disebabkan karena difraksi gelombang akibat struktur yang tidak rata sehingga pemantulan gelombang menjadi tidak teratur. Kemudian pada distribusi *fold*, semakin ke bawah permukaan distribusi *fold* semakin berkurang atau tidak merata, hal ini disebabkan sinyal pantul gelombang tidak terekam dipermukaan, maka untuk

mengatasinya diperlukan bentangan *offset* yang lebih luas dan ukuran *bin* yang lebih kecil untuk mencuplik struktur yang kompleks.

Berdasarkan penjelasan **Tabel 5** dan **Tabel 6**, maka konfigurasi yang akan diterapkan pada Lapangan RL, yaitu konfigurasi bentangan ideal *orthogonal* model *template narrow azimuth* dengan pertimbangannya bahwa pada konfigurasi bentangan ini memiliki penyebaran *fold* pada *bin* yang lebih merata pada masing-masing lapisan target, meskipun secara anggaran survei masih kurang efisien.

### 5.6 Penerapan Konfigurasi Bentangan Rill

Pada konfigurasi bentangan *rill* ini dibutuhkan peta *obstacle* (halangan) untuk merealisasikan desain survei seismik sesuai dengan kondisi lapangan.

Untuk mengatasi zona *obstacle* maka dilakukan teknik *undershooting* pada konfigurasi bentangan dimana titik *source* telah dipindahkan di sekeliling zona *obstacle* **Gambar 14**. Dengan menggunakan teknik ini dapat dilihat, bahwa terjadi pengurangan jumlah *receiver* dari 21000 menjadi 19939, sedangkan jumlah *source* tetap.

### 5.7 Simulasi dan Analisis Rekaman Konfigurasi Bentangan Rill

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis rekaman pada konfigurasi bentangan *rill*, dapat dilihat bahwa kualitas data seismik atau penyebaran *fold* pada lapisan target (*illumination*) akan berkurang dengan adanya *obstacle* pada suatu lapangan **Gambar 15**, namun meskipun demikian masih dapat dilakukan optimalisasi terhadap penyebaran *fold* pada zona target dengan cara melakukan pemindahan titik *source* (teknik *undershooting*) setepat mungkin, sehingga tetap menghasilkan kualitas data yang tinggi dengan penyebaran *bin* yang memiliki *fold* yang merata, meskipun *fold* dalam *bin*-nya berkurang. Setelah konfigurasi



bentangan rill diterapkan, maka diperoleh Peta Desain Survei Seismik 3D Darat yang optimal pada Lapangan RL.

## 6. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Parameter desain survei seismik 3D darat yang optimal pada Lapangan RL memiliki ukuran jarak antara *receiver* 20 m, jarak antara *source* 40 m, jarak antara lintasan *receiver* 480 m, jarak antara lintasan *source* 500 m, ukuran *template* 12 lintasan x 350 *channel* (*wide azimuth*) dan 10 lintasan x 450 *channel* (*narrow azimuth*).
2. Konfigurasi bentangan *orthogonal* dengan tipe *template narrow azimuth* merupakan konfigurasi bentangan yang paling optimal pada Lapangan RL, karena memiliki penyebaran *fold* pada *bin* (populasi *bin*) yang lebih banyak dan merata pada lapisan target, meskipun secara anggaran survei belum begitu efisien.
3. Pada zona patahan dan *sinklin* yang curam pada lapisan target tidak memiliki penyebaran *fold* yang merata karena titik pantul gelombang di zona tersebut tidak terekam pada *receiver* aktif di permukaan, sehingga dibutuhkan ukuran *bin* yang lebih kecil dan *offset* yang lebih luas.
4. Teknik *undershooting* (*shot point recovery*) atau pemindahan titik *source* dapat dilakukan untuk mengatasi pengurangan *fold coverage* pada lapisan target akibat adanya zona *obstacle* di permukaan.

### 6.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya agar informasi parameter target harus lebih lengkap dan detail mencakup informasi geologi dan geofisika sebelumnya agar proses desain survei seismik 3D selanjutnya mendapat hasil yang lebih optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andita, K. 2013. *Geometri Brick pada Desain Survei Seismik Darat 3D di Lapangan X*. <http://seismixplorer.blogspot.co.id/2013/06/geometri-brick-pada-desain-survey.html>. Diakses pada tanggal 28 Agustus 2017.
- Ashton, C. P., Bacon, B., Deplante, C., Dickilreson dan Redekop, G. 1994. 3D Seismic Survey Design. *Oilfield Review*. Vol. 6. No. 2.
- Chaouch, A. dan Mari, J. L. 2006. 3D Land Seismic Survey: Definition of Geophysical Parameter. *Jurnal Oil & Gas Science and Technology Rev. IFP*. Vol. 61. No. 5.
- Cordsen, A. 2000. *Planning Land 3D Seismic Survey*. Society of Exploration Geophysicists. Tulsa.
- Edi, S. S. 2011. *Kajian Desain Survei Seismik 3 Dimensi pada Lapangan X Jawa Barat*. Tesis Pascasarjana FMIPA UI.
- Fuchsluger, M. 2011. *3D Model Based Acquisition Design for The Seismic Exploration of Deep Vienna Basin*. Tesis Pascasarjana Universitas Wien.
- Koesoemadinata, R. P. 1980. *Geologi Minyak dan Gas Bumi Jilid I Edisi 2*. Penerbit ITB. Bandung.
- Lowrie, W. 2007. *Fundamental of Geophysics 2<sup>nd</sup>*. Cambridge University Press. New York.
- Munadi, S. 2000. *Aspek Fisis Seismologi Eksplorasi*. Program Studi Geofisika, Jurusan Fisika FMIPA UI. Depok.
- Sheriff, R. E. dan Geldart, I. P. 1995. *Exploration Seismology Second Edition*. Cambridge University Press. New York.
- Sismanto. 1996. *Akuisisi dan Pengolahan Data Seismik*. UGM. Yogyakarta.
- Yang, W. 2003. *A Basical Study on Two-point Seismic Ray Tracing*. <http://www.ees.nmt.edu/Geop/Classes/GEOP523?Docs/yang.pdf>. Diakses pada tanggal 29 Agustus 2017.

## LAMPIRAN

**Tabel 1.** Parameter Target Lapangan RL

	Formasi 1	Formasi 2	Formasi 3	Formasi 4	<i>Basement</i>
$V_p$ (m/s)	1800	2200	3000	2400	4600
$V_s$ (m/s)	600	1000	1300	1200	2300
$\rho$ (gr/cc)	1.8	2.2	2.5	2.3	2.7
$f_{dom}$ (Hz)	50				
Dip	$\pm 25^0$	$\pm 30^0$	$\pm 45^0$	$\pm 45^0$	$\pm 45^0$
Resolusi	Struktur dan Stratigrafi				
Litologi	Batu Pasir dan Lempung	Lempung, Pasir, Serpih	Gamping Terumbu, Sisipan Serpih dan Napal	Batu pasir selingan serpih	Batuan Beku

**Tabel 2.** Parameter Akuisisi Seismik 3D Darat Lapangan RL

Parameter Akuisisi	Satuan	
$R_x$	20 m	
$S_y$	40 m	
$R_y$	480 m	
$S_x$	500 m	
$X_{min}$	693 m	
<i>Salvo</i>	12 shot	
Jenis Sumber	<i>Explosive</i>	
Ukuran Sumber	1-3 kg	
Kedalaman Sumber	25-30 m	
<i>Template</i>	<i>Wide Azimuth</i>	<i>Narrow Azimuth</i>
$X_{max}$	4227,34 m	4874,09 m
$n_{RL}$	12 line	10 line
$n_R$	350 receiver/line	450 receiver/line
<i>channel</i>	4200 receiver	4500 receiver
<i>Full Fold Coverage</i>	42	45
<i>Inline Taper</i>	1460 m	1720 m
<i>Crossline Taper</i>	1200 m	1000 m

**Tabel 3.** Statistik Data Hasil Analisis Simulasi Rekaman Konfigurasi Bentangan Ideal Formasi 3

Konfigurasi Bentangan	<i>Fold</i> Minimum	<i>Fold</i> Maksimum	Jumlah Populasi <i>Bin</i>	<i>Total Number of Traces</i>
Ortho WA	1	714	958077	30805578
Ortho NA	1	996	958026	32084589
Brick WA	1	771	957631	30499051
Brick NA	1	990	957423	31750303
Zig-zag WA	1	772	950975	30175294
Zig-zag NA	1	995	950293	31399439
Slanted WA	1	768	948630	30177731
Slanted NA	1	995	947665	31399929

**Tabel 4.** Statistik Data Hasil Analisis Simulasi Rekaman Konfigurasi Bentangan Ideal Formasi 4

Konfigurasi Bentangan	<i>Fold</i> Minimum	<i>Fold</i> Maksimum	Jumlah Populasi <i>Bin</i>	<i>Total Number of Traces</i>
Ortho WA	1	1271	909462	30805578
Ortho NA	1	1550	915233	31253926
Brick WA	1	1564	908608	29626174
Brick NA	1	1521	914170	30919984
Zig-zag WA	1	1245	902998	29305124
Zig-zag NA	1	1604	908109	30569627
Slanted WA	1	1243	901389	29305061
Slanted NA	1	1576	906198	30567792

Keterangan: NA = *Narrow Azimuth* dan WA = *Wide Azimuth*

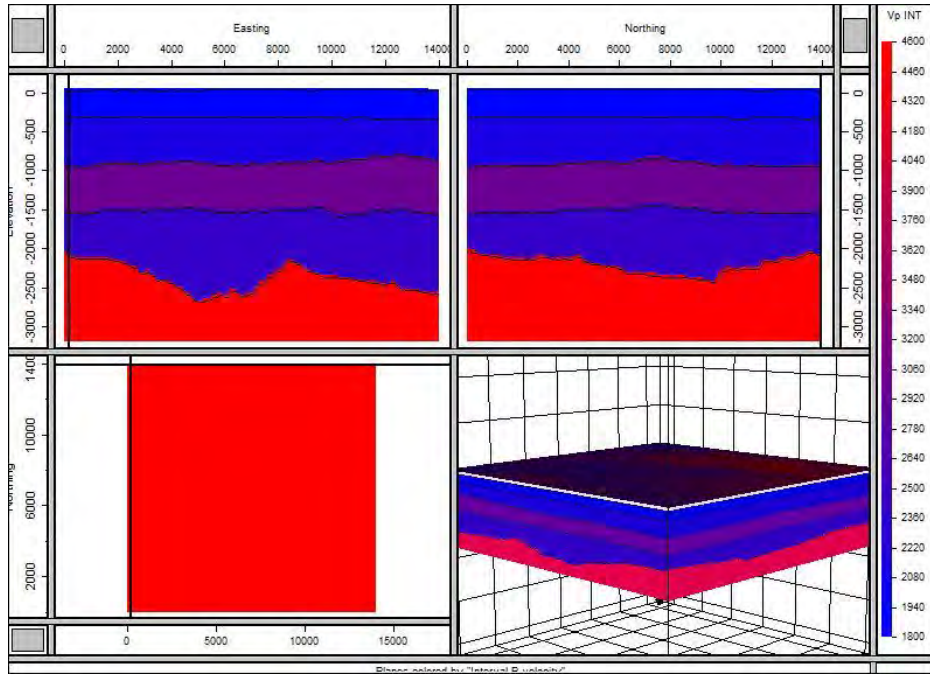
**Tabel 5.** Parameter Konfigurasi Bentangan Optimal pada Formasi 3

	OWA	ONA	BWA	BNA	ZWA	ZNA	SWA	SNA
<i>Fold</i> Maksimum								
Jumlah Populasi <i>Bin</i>								
Total Jumlah <i>Trace</i>								
<i>Fold</i> Tertinggi pada Zona <i>Hole</i>								
Harga berdasarkan <i>Source</i>								
Harga berdasarkan <i>Receiver</i> Aktif								
Total Poin	2	2	1	0	2	1	2	2

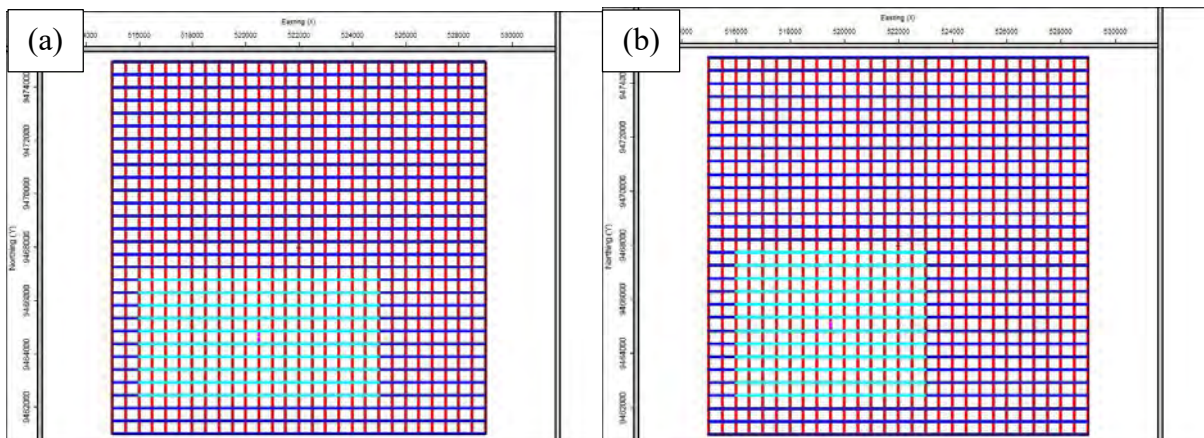
**Tabel 6.** Parameter Konfigurasi Bentangan Optimal pada Formasi 4

		OWA	ONA	BWA	BNA	ZWA	ZNA	SWA	SNA
<i>Fold</i> Maksimum									
Jumlah Populasi <i>Bin</i>									
Total Jumlah <i>Trace</i>									
<i>Fold</i> Tertinggi pada Zona <i>Hole</i>									
Harga berdasarkan <i>Source</i>									
Harga berdasarkan <i>Receiver</i> Aktif									
Total Poin		1	2	2	0	2	3	2	1

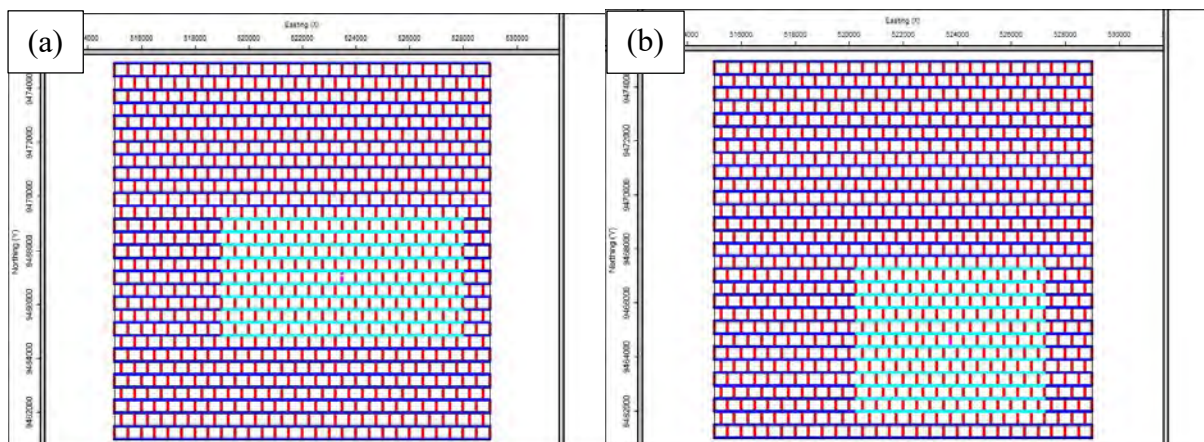
Keterangan: O = *Orthogonal*, B = *Brick*, Z = *Zig-zag*, S = *Slanted*, NA = *Narrow Azimuth*, WA = *Wide Azimuth* dan Warna kuning = terunggul



**Gambar 1.** Model Geologi 3D Lapangan RL

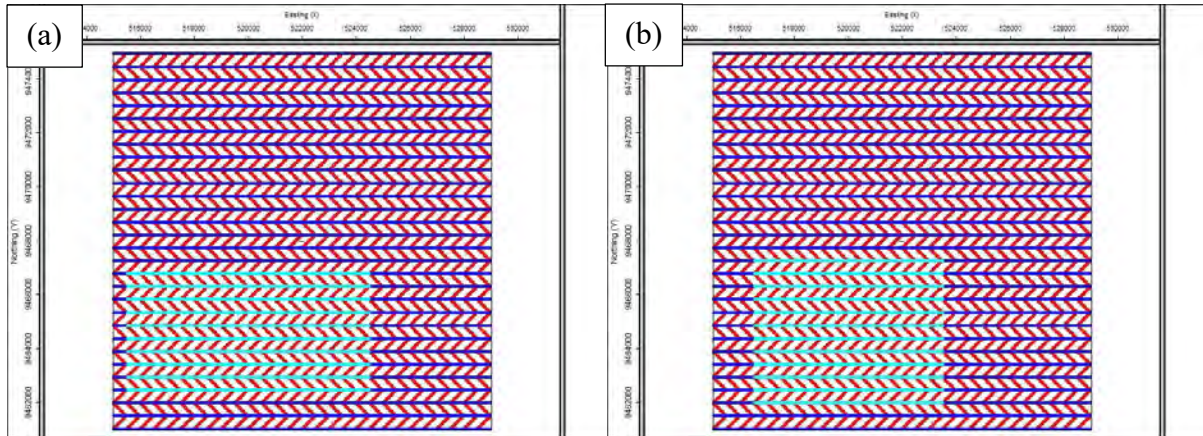


**Gambar 2.** Bentangan Konfigurasi Ideal *Orthogonal*, (a). *Template Narrow azimuth* dan (b). *Template Wide azimuth*

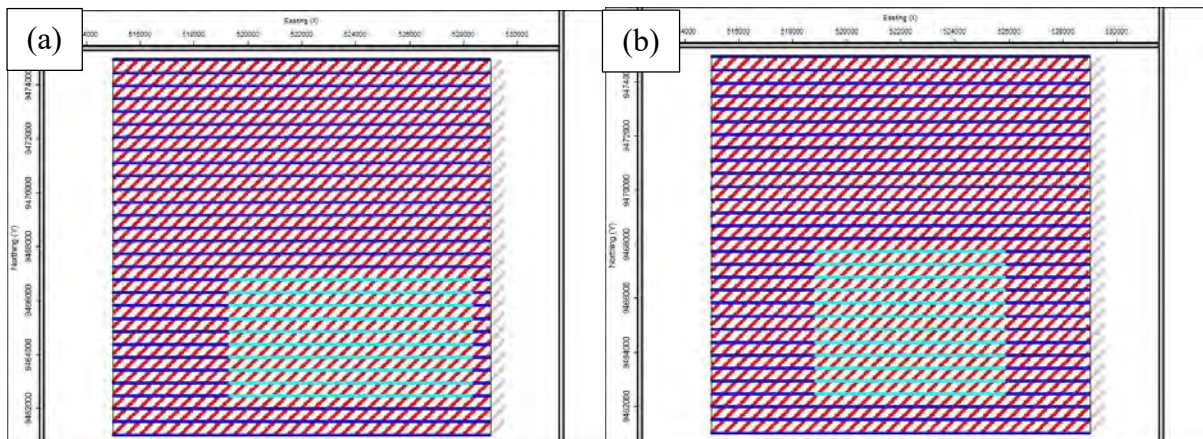


**Gambar 3.** Bentangan Konfigurasi Ideal *Brick*, (a). *Template Narrow azimuth* dan (b). *Template Wide azimuth*



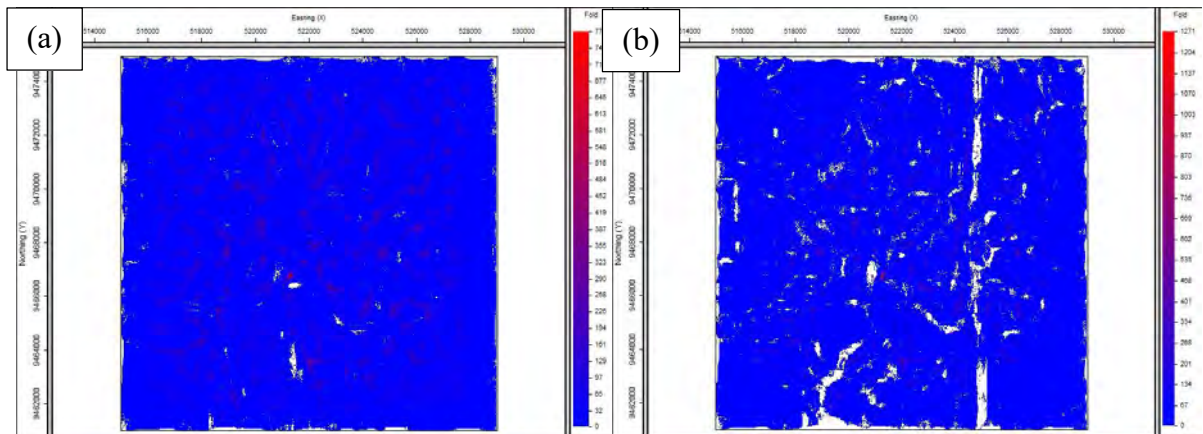


**Gambar 4.** Bentangan Konfigurasi Ideal Zig-zag, (a). *Template Narrow azimuth* dan (b). *Template Wide azimuth*

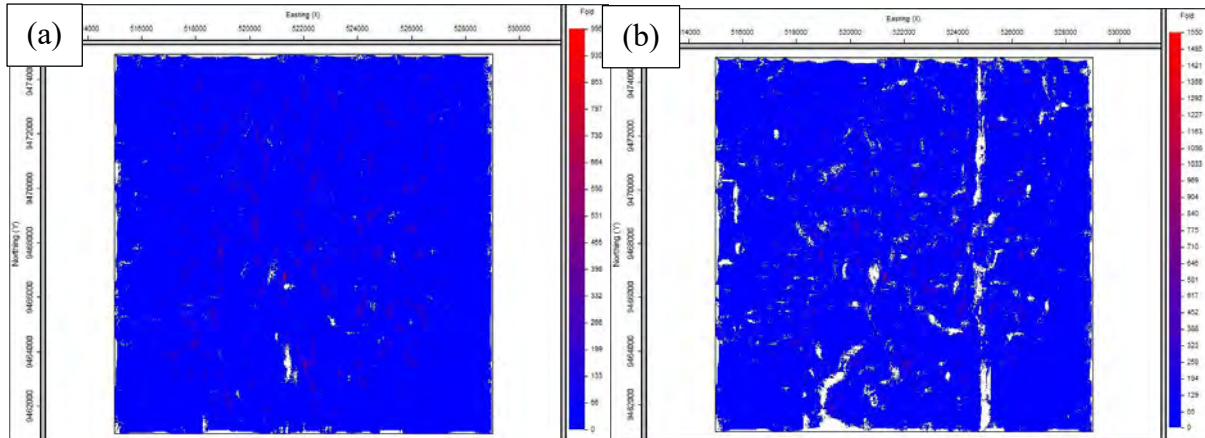


**Gambar 5.** Bentangan Konfigurasi Ideal Slanted, (a). *Template Narrow azimuth* dan (b). *Template Wide azimuth*

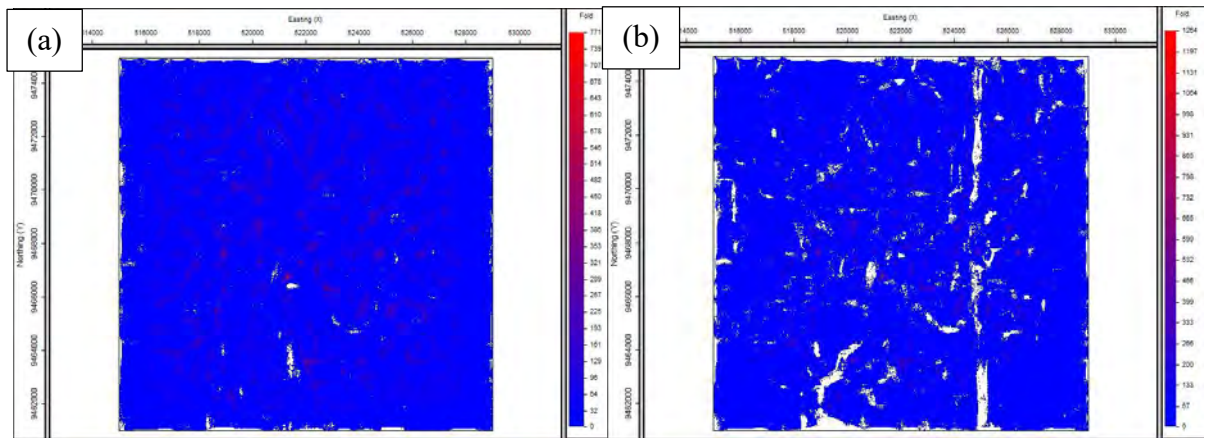
Keterangan: Lintasan berwarna merah = *Source*  
 Lintasan berwarna biru tua = *Receiver*  
 Lintasan berwarna biru muda = *Template*



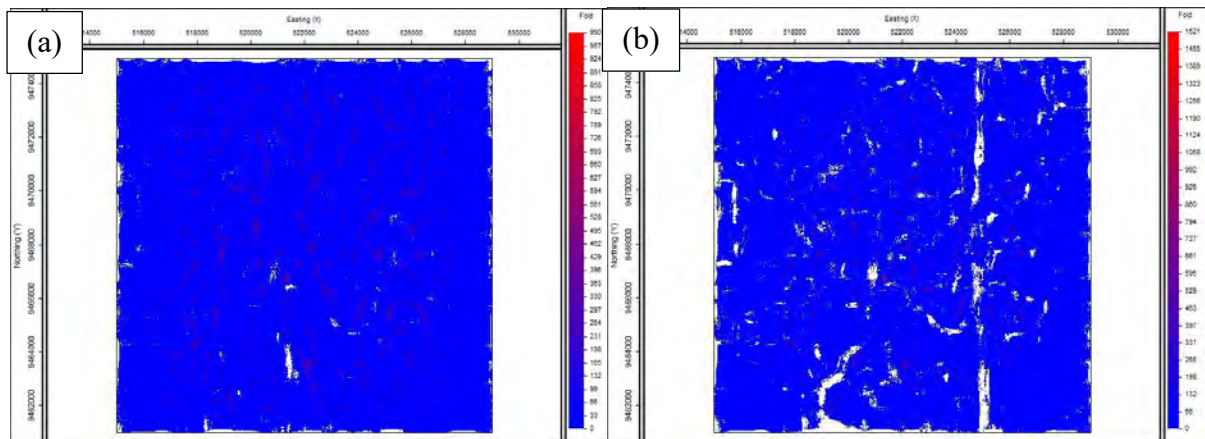
**Gambar 6.** Distribusi *Fold Migrated (illumination)* Konfigurasi Bentangan *Orthogonal Template Wide Azimuth*, (a). Formasi 3 dan (b). Formasi 4



**Gambar 7.** Distribusi *Fold Migrated (illumination)* Konfigurasi Bentangan *Orthogonal Template Narrow Azimuth*, (a). Formasi 3 dan (b). Formasi 4



**Gambar 8.** Distribusi *Fold Migrated (illumination)* Konfigurasi Bentangan *Brick Template Wide Azimuth*, (a). Formasi 3 dan (b). Formasi 4



**Gambar 9.** Distribusi *Fold Migrated (illumination)* Konfigurasi Bentangan *Brick Template Narrow Azimuth*, (a). Formasi 3 dan (b). Formasi 4