

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

(Skripsi)

Oleh

**RAVIDE LUBIS  
1315051048**



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA  
2018**

## **ABSTRAK**

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

**Oleh**

**Ravide Lubis**

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.

Kata Kunci: *Desain Parameter Seismik 3D Darat, Konfigurasi Bentangan, Kualitas Data Seismik.*

## **ABSTRACT**

### **OPTIMIZATION AND ANALYSIS OF 3D LAND SEISMIC PARAMETERS DESIGN BASED ON THE GEOLOGICAL MODEL OF “RL” FIELD**

**By**

**Ravide Lubis**

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.*

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

**Oleh  
RAVIDE LUBIS**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar**

**SARJANA TEKNIK**

**Pada**

**Jurusan Teknik Geofisika  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2018**

Judul Skripsi

: **OPTIMALISASI DAN ANALISIS DESAIN  
PARAMETER SEISMIK 3D DARAT  
BERDASARKAN MODEL GEOLOGI  
LAPANGAN "RL"**

Nama Mahasiswa

: **Ravide Lubis**

Nomor Pokok Mahasiswa

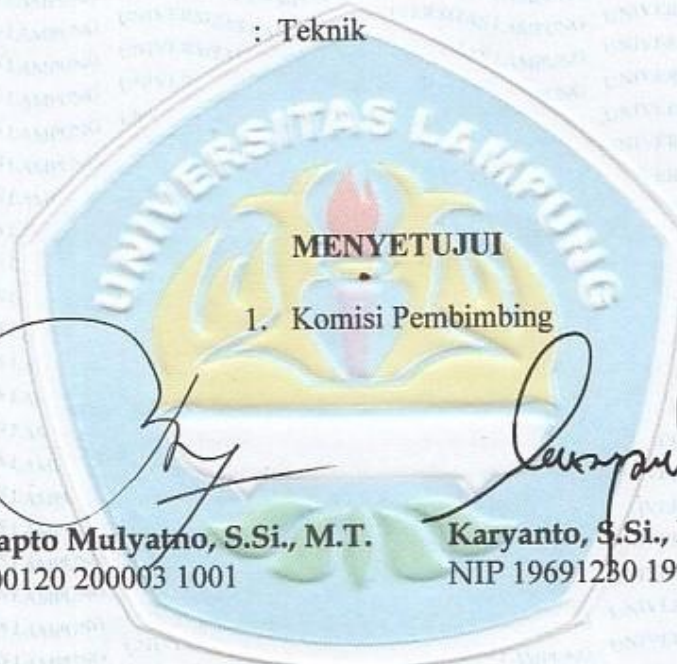
: **1315051048**

Jurusan

: **Teknik Geofisika**

Fakultas

: **Teknik**



**MENYETUJUI**

1. **Komisi Pembimbing**

**Bagus Sapto Mulyatno, S.Si., M.T.**  
NIP 19700120 200003 1001

**Karyanto, S.Si., M.T.**  
NIP 19691230 199802 1001

2. **Ketua Jurusan Teknik Geofisika**

**Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T.**  
NIP 19720912 199903 1001



## MENGESAHKAN

### 1. Tim Penguji

Ketua : Bagus Sapto Mulyatno, S.Si., M.T. ....

Sekretaris : Karyanto, S.Si., M.T. ....

Penguji  
Bukan Pembimbing : Dr. Ordas Dewanto, S.Si., M.Si. ....

Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung

Prof. Suharno, M.Sc., Ph.D.  
NIP.19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 15 Januari 2018

## **SURAT PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain, dan sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang tertulis atau diterbitkan orang lain, kecuali tertulis dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan di dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 29 Januari 2018



Ravide Lubis  
NPM.1315051048

## **RIWAYAT HIDUP**



Penulis dilahirkan di Ujung Gading, Provinsi Sumatera Barat pada tanggal 24 Oktober 1994. Penulis merupakan anak pertama dari lima bersaudara dari pasangan Bapak Alan Najir dan Ibu Mulyanis. Penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SD Negeri 29 Sungai Aur pada tahun 2007, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di MTs PPM Adlaniyah Ujung Gading pada tahun 2010 dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 1 Pasaman pada tahun 2013. Pada tahun 2013, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten praktikum Sistem Informasi Geografis Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung periode 2015/2016. Penulis juga aktif di kegiatan Organisasi Mahasiswa seperti Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika (HIMATG Bhuwana) Fakultas Teknik Universitas Lampung sebagai Sekretaris Biro Dana dan Usaha periode 2015-2016 dan Himpunan Mahasiswa Geofisika Indonesia (HMGI) Wilayah Sumatera sebagai Kepala Divisi Kewirausahaan periode 2016-2017. Pada 28 November – 21 Desember 2016, penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di PT. Harpindo Mitra Kharisma mengenai Akuisisi Data Seismik 2D Darat di Blok Lampung III.



## PERSEMBAHAN



*Dengan Mengharapkan Ridho Alloh dan Syafa'at Nabi  
Muhammad SAW*

*Kupersembahkan Karyaku Ini untuk*

*Papa dan Ibuku tercinta*

*Alan Najir dan Mulyanis*

*Adik – adikku tersayang*

*Azbar, Dirohanita, Arafı Zein dan Zakı Zein*

*Para Sahabat dan Teman-Teman Seperjuangan*

*Teknik Geofisika Angkatan 2013*

*Almamater Tercinta*

*Universitas Lampung*

*Terima Kasih atas Pelajaran Hidup yang Kalian Berikan*

## MOTTO

*Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.  
Maka apabila engkau telah selesai dari satu urusan,  
tetaplah bekerja keras untuk urusan yang lain. Dan  
hanya kepada tuhanmulah engkau berharap.*

*(Q.S. Asy-Syarh Ayat 6-8)*

*Barang siapa yang menanam maka dia akan  
menuai.*

*(Pepatah Arab).*

*Tiada kata untuk berhenti teruslah mencoba karena selama  
jiwa tetap di raga, langkah yang tetap terayun, mata yang  
tetap terjaga, dan senyum yang memberikan bahagia maka  
tidak akan ada yang sia - sia.*

*Apa yang kita lihat, rasakan, dengarkan adalah pendidikan karena  
setiap nilai kehidupan akan memiliki makna pada akhirnya.*



*(Ravide Lubis)*



## **SANWACANA**

Segala puji bagi Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya telah memberikan kekuatan dan kemampuan berpikir kepada penulis dalam penyelesaian penulisan Tugas Akhir ini sehingga laporan ini dapat selesai tepat pada waktunya. Sholawat dan salam tak lupa penulis sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW karena dengan perantara beliau kita semua dapat merasakan nikmatnya ibadah, nikmatnya bersyukur, dan insya Allah nikmatnya surga.

Selama pengerjaan Tugas Akhir ini banyak pihak yang terlibat dan memberikan kontribusi ilmiah, spritual dan informasi baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua saya Bapak Alan Najir dan Ibu Mulyanis yang telah membesarkan penulis dan memberikan semangat, motivasi serta do'a yang tak ternilai harganya.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Hasriyadi, M.S. Selaku Rektor Universitas Lampung.
3. Bapak Prof. Suharno, B.Sc., M.sc., Ph.D. Selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

4. Bapak Dr. Ahmad Zaenudin, S. Si., M. T., selaku Ketua Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
5. Bapak Bagus Sapto Mulyatno S. Si., M. T., selaku Pembimbing I yang telah memberikan ilmu, waktu dan tenaganya untuk membimbing tugas akhir saya.
6. Bapak Karyanto S. Si., M. T., selaku Pembimbing II yang telah memberikan ilmu, waktu dan tenaganya selama bimbingan tugas akhir saya.
7. Bapak Dr. Ordas Dewanto, S. Si., M.Si., selaku Penguji yang telah memberi masukan dan perbaikan sehingga tugas akhir saya menjadi lebih baik.
8. Bapak Rustadi, S. Si., M.T., selaku Pembimbing Akademik yang selalu memeberikan motivasi selama perkuliahan.
9. Semua Dosen Jurusan Teknik Geofisika, terima kasih atas didikannya, arahan dan bimbingan yang telah diberikan.
10. Pak Sigit Pamungkas dari Pertamina *Upstream Technology Center* yang telah memeberikan ilmu, arahan dan bimbingan mengenai tugas akhir saya.
11. Adik–adik saya Azbar, Dirohanita, Fizein, Zaki serta seluruh keluarga besar penulis yang selalu memberikan dukungan kepada penulis.
12. Teman-teman Asrama Nirmala (Ahmad Rohim, Muhamad Angsori, Yahya Trijuni Putra, Suryadi, Irfan dll) yang telah memberikan semangat dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
13. Teman–teman saya selama pelaksanaan tugas akhir: Atikah, Hanun, Adib, Saik, Faisal, Rafi, Kak Elang dan Mbak Ayu yang saling berbagi masukan, semangat dan cerita selama tugas akhir.
14. Serta teman–teman seperjuangan Teknik Geofisika 13 Unila yang tersayang (farkhan, putu, nico, ulfa, priesta, alicya, yasrifa, ari, dwi, haris, edi, nafis, rafi,

hanun, ririn, dian, atikah, fajri, bana, helton, kholil, noris, imbron, herlin, pipit, widia, eci, abdi, agung, dody, haidar, egi, kurnia, winda, endah, deswita, shiska, aji, reza, aloy, suryadi, feni, bunga, wuri, cahaya, yeni, udin dan ryan) yang sedikit banyaknya telah memberikan warna dalam kebersamaan dan kekeluargaan kita selama kurang lebih 4 tahun ini. Terimakasih atas nilai kehidupannya. Kalian luar biasa Joss...!!!

15. Semua pihak yang tidak dapat disebut satu persatu yang telah membantu serta mendukung penulis dari awal kuliah sampai dengan terselesaikannya tugas akhir ini. Semoga Allah SWT membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini

Bandar Lampung, 29 Januari 2018  
Penulis,

**Ravide Lubis**



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>vii</b>
<b>PERSEMBAHAN.....</b>	<b>viii</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>ix</b>
<b>SANWACANA .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xx</b>
 <b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Manfaat .....	4
 <b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 <i>Petroleum System</i> .....	5
2.1.1 Batuan Sumber .....	6
2.1.2 Batuan Reservoir .....	6
2.1.3 Batuan Penyekat .....	7
2.1.4 Perangkap .....	7
2.1.5 Migrasi .....	8
 <b>III. TEORI DASAR</b>	
3.1 Gelombang Seismik .....	10
3.2 Tipe Gelombang Seismik .....	11
3.2.1 Menurut Cara Bergetarnya .....	11

3.2.2	Menurut Tempat Menjalarnya.....	14
3.2.3	Menurut Bentuk Muka Gelombangnya.....	15
3.3	Hukum Fisika Gelombang Seismik .....	16
3.3.1	Hukum <i>Snellius</i> .....	16
3.3.2	Prinsip <i>Huygens</i> .....	18
3.3.3	Prinsip <i>Fermat</i> .....	19
3.4	Resolusi Seismik.....	20
3.4.1	Resolusi Vertikal.....	20
3.4.2	Resolusi Lateral.....	21
3.5	Parameter Target Akuisisi Seismik 3D.....	23
3.5.1	Target Sasaran .....	23
3.5.2	Kedalaman Obyektif .....	23
3.5.3	Kedalaman Bawah Permukaan .....	24
3.5.4	Kemiringan Target .....	24
3.5.5	Frekuensi .....	24
3.5.6	Kecepatan Gelombang .....	24
3.5.7	Cadangan Minyak .....	25
3.6	Istilah – Istilah Dalam Desain Survei Seismik 3D.....	25
3.6.1	<i>Box</i> .....	25
3.6.2	<i>Directions</i> .....	26
3.6.3	<i>Fold of Coverage</i> .....	27
3.6.4	<i>Midpoint</i> .....	28
3.6.5	<i>Move-Ups</i> .....	29
3.6.6	<i>Offsets</i> .....	29
3.6.7	<i>Patch</i> .....	30
3.6.8	<i>Receiver Line</i> .....	30
3.6.9	<i>Roll-Along</i> .....	31
3.6.10	<i>Source Line</i> .....	32
3.6.11	<i>Salvo</i> .....	33
3.6.12	<i>Swath</i> .....	34
3.6.13	<i>Template</i> .....	34
3.6.14	<i>3D Data</i> .....	35
3.6.15	<i>3D Shot Point</i> .....	35
3.6.16	<i>3D Volume</i> .....	36
3.6.17	<i>3D Slice</i> .....	37
3.7	Parameter Geofisika Akuisisi Seismik 3D.....	38
3.7.1	Parameter Penggambaran.....	38
3.7.1.1	Kelipatan Liputan.....	38
3.7.1.2	Ukuran <i>Bin</i> .....	40
3.7.1.3	Migrasi <i>Aperture</i> .....	41
3.7.2	Parameter Pinggir.....	42
3.7.2.1	<i>Inline Taper</i> .....	43
3.7.2.2	<i>Crossline Taper</i> .....	43
3.7.3	Parameter Geometri .....	45
3.7.3.1	<i>Offset</i> Maksimum.....	45
3.7.3.2	<i>Offset</i> Terdekat Maksimum.....	46
3.7.4	Parameter Perekaman.....	47
3.7.4.1	Panjang Perekaman .....	47

3.7.4.2	Laju Pencuplikan .....	48
3.7.5	Parameter Lapangan.....	48
3.7.5.1	Konfigurasi Bentangan .....	48
3.7.5.2	Ukuran <i>Template</i> .....	49
3.7.5.3	Ukuran Sumber .....	50
3.7.5.4	Kedalaman Sumber .....	50
3.8	Persamaan <i>Eikonal</i> dan <i>Ray Tracing</i> .....	51

#### IV. METODOLOGI PENELITIAN

4.1	Waktu dan Tempat Penelitian .....	54
4.2	Perangkat Penelitian.....	55
4.3	Diagram Alir Penelitian .....	55
4.4	Prosedur Penelitian .....	57
4.4.1	Parameter Target dan Pemodelan Geologi.....	57
4.4.2	Evaluasi Teknis dan Penentuan Parameter Akuisisi .....	57
4.4.3	Penentuan Konfigurasi Bentangan Ideal.....	58
4.4.4	Simulasi Rekaman Konfigurasi Bentangan Ideal .....	58
4.4.5	Analisis Hasil Simulasi Rekaman .....	58
4.4.6	Penerapan Konfigurasi Bentangan <i>Rill</i> .....	59
4.4.7	Simulasi Rekaman Konfigurasi Bentangan <i>Rill</i> .....	59
4.4.8	Analisis Hasil Simulasi Rekaman .....	60

#### V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1	Parameter Target dan Pemodelan Geologi .....	61
5.2	Evaluasi Teknis Parameter Target .....	64
5.2.1	Ukuran <i>Bin</i> .....	64
5.2.2	<i>Offset</i> .....	66
5.2.3	Migrasi <i>Aperture</i> .....	68
5.3	Penentuan Parameter Akuisisi .....	70
5.4	Penerapan Konfigurasi Bentangan Ideal.....	73
5.4.1	Konfigurasi Bentangan Ideal <i>Orthogonal</i> .....	75
5.4.2	Konfigurasi Bentangan Ideal <i>Brick</i> .....	76
5.4.3	Konfigurasi Bentangan Ideal <i>Zig-zag</i> .....	78
5.4.4	Konfigurasi Bentangan Ideal <i>Slanted</i> .....	79
5.5	Simulasi dan Analisis Rekaman Konfigurasi Bentangan Ideal .....	81
5.5.1	Simulasi dan Analisis Konfigurasi Bentangan Ideal <i>Orthogonal</i> .....	81
5.5.2	Simulasi dan Analisis Konfigurasi Bentangan Ideal <i>Brick</i> .....	90
5.5.3	Simulasi dan Analisis Konfigurasi Bentangan Ideal <i>Zig-zag</i> ..	98
5.5.4	Simulasi dan Analisis Konfigurasi Bentangan Ideal <i>Slanted</i> ...	106
5.5.5	Hasil Analisis Simulasi Rekaman dan Konfigurasi yang Diterapkan .....	114
5.6	Penerapan Konfigurasi Bentangan <i>Rill</i> .....	118
5.7	Simulasi dan Analisis Rekaman Konfigurasi Bentangan <i>Rill</i> .....	121

## **VI. KESIMPULAN DAN SARAN**

6.1 Kesimpulan .....	129
6.2 Saran .....	130

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 1.</b> Ilustrasi <i>Petroleum System</i> .....	5
<b>Gambar 2.</b> Perambatan gelombang seismik untuk dua model perlapisan .....	11
<b>Gambar 3.</b> Gerak gelombang badan pada suatu bidang .....	13
<b>Gambar 4.</b> Penjalaran gelombang permukaan pada suatu bidang.....	15
<b>Gambar 5.</b> Penjalaran gelombang dalam bentuk diagram muka gelombang 1D .....	16
<b>Gambar 6.</b> Pemantulan dan pembiasan pada bidang batas dua medium untuk gelombang P .....	17
<b>Gambar 7.</b> Prinsip <i>Huygens</i> .....	18
<b>Gambar 8.</b> Prinsip <i>Fermat</i> .....	19
<b>Gambar 9.</b> Ilustrasi refleksi resolusi vertikal.....	21
<b>Gambar 10.</b> Definisi Zona <i>Fresnel</i> .....	22
<b>Gambar 11.</b> <i>Box</i> .....	26
<b>Gambar 12.</b> <i>Directions</i> .....	26
<b>Gambar 13.</b> <i>3D Fold</i> .....	27
<b>Gambar 14.</b> <i>Midpoint</i> .....	28
<b>Gambar 15.</b> <i>Move-Ups</i> .....	29
<b>Gambar 16.</b> <i>Receiver Line</i> .....	31
<b>Gambar 17.</b> <i>Roll-Along</i> .....	32
<b>Gambar 18.</b> <i>Source Line</i> .....	33
<b>Gambar 19.</b> <i>Salvo</i> .....	33
<b>Gambar 20.</b> <i>Swath</i> .....	34
<b>Gambar 21.</b> <i>Template</i> .....	35
<b>Gambar 22.</b> <i>3D Shot Point</i> .....	36
<b>Gambar 23.</b> <i>3D Data Volume</i> .....	37
<b>Gambar 24.</b> <i>3D Slice</i> .....	38
<b>Gambar 25.</b> Hubungan <i>fold</i> dengan ukuran <i>bin</i> dan S/N .....	39
<b>Gambar 26.</b> Ilustrasi <i>Inline Taper</i> dan <i>Crossline Taper</i> .....	44
<b>Gambar 27.</b> Ilustrasi <i>Offset</i> Maksimum.....	45
<b>Gambar 28.</b> Ilustrasi <i>Offset</i> Terdekat Maksimum .....	46
<b>Gambar 29.</b> Konfigurasi bentangan <i>geophone</i> .....	49
<b>Gambar 30.</b> <i>Up hole survey</i> untuk menentukan kedalaman lapisan lapuk.....	50
<b>Gambar 31.</b> Metode <i>ray tracing</i> .....	53
<b>Gambar 32.</b> Diagram Alir Penelitian.....	56
<b>Gambar 33.</b> Peta Struktur Kedalaman Formasi 3 .....	62
<b>Gambar 34.</b> Model Geologi 3D Lapangan RL .....	63
<b>Gambar 35.</b> Ukuran <i>Bin</i> Lapisan .....	65



<b>Gambar 36.</b> <i>Offset</i> pada lapisan.....	67
<b>Gambar 37.</b> Migrasi <i>Aperture</i> pada lapisan.....	69
<b>Gambar 38.</b> Luas Area Survei Seismik 3D Darat Lapangan RL.....	74
<b>Gambar 39.</b> Bentangan Konfigurasi Ideal <i>Orthogonal</i> .....	76
<b>Gambar 40.</b> Bentangan Konfigurasi Ideal <i>Brick</i> .....	77
<b>Gambar 41.</b> Bentangan Konfigurasi Ideal <i>Zig-zag</i> .....	79
<b>Gambar 42.</b> Bentangan Konfigurasi Ideal <i>Slanted</i> .....	80
<b>Gambar 43.</b> Penyebaran <i>fold</i> ideal konfigurasi bentangan ideal <i>orthogonal</i> dengan model <i>template wide azimuth</i> .....	82
<b>Gambar 44.</b> Distribusi <i>Fold, Offset</i> dan <i>Azimuth (illumination)</i> Formasi 3 Konfigurasi Bentangan <i>Orthogonal Template Wide Azimuth</i> .....	83
<b>Gambar 45.</b> Distribusi <i>Fold, Offset</i> dan <i>Azimuth (illumination)</i> Formasi 4 Konfigurasi Bentangan <i>Orthogonal Template Wide Azimuth</i> .....	84
<b>Gambar 46.</b> Penyebaran <i>fold</i> ideal konfigurasi bentangan ideal <i>orthogonal</i> dengan model <i>template narrow azimuth</i> .....	86
<b>Gambar 47.</b> Distribusi <i>Fold, Offset</i> dan <i>Azimuth (illumination)</i> Formasi 3 Konfigurasi Bentangan <i>Orthogonal Template Narrow Azimuth</i> ...	87
<b>Gambar 48.</b> Distribusi <i>Fold, Offset</i> dan <i>Azimuth (illumination)</i> Formasi 4 Konfigurasi Bentangan <i>Orthogonal Template Narrow Azimuth</i> ...	88
<b>Gambar 49.</b> Penyebaran <i>fold</i> ideal konfigurasi bentangan ideal <i>brick</i> dengan model <i>template wide azimuth</i> .....	90
<b>Gambar 50.</b> Distribusi <i>Fold, Offset</i> dan <i>Azimuth (illumination)</i> Formasi 3 Konfigurasi Bentangan <i>Brick Template Wide Azimuth</i> .....	91
<b>Gambar 51.</b> Distribusi <i>Fold, Offset</i> dan <i>Azimuth (illumination)</i> Formasi 4 Konfigurasi Bentangan <i>Brick Template Wide Azimuth</i> .....	92
<b>Gambar 52.</b> Penyebaran <i>fold</i> ideal konfigurasi bentangan ideal <i>brick</i> dengan model <i>template narrow azimuth</i> .....	94
<b>Gambar 53.</b> Distribusi <i>Fold, Offset</i> dan <i>Azimuth (illumination)</i> Formasi 3 Konfigurasi Bentangan <i>Brick Template Narrow Azimuth</i> .....	95
<b>Gambar 54.</b> Distribusi <i>Fold, Offset</i> dan <i>Azimuth (illumination)</i> Formasi 4 Konfigurasi Bentangan <i>Brick Template Narrow Azimuth</i> .....	96
<b>Gambar 55.</b> Penyebaran <i>fold</i> ideal konfigurasi bentangan ideal <i>zig-zag</i> dengan model <i>template wide azimuth</i> .....	98
<b>Gambar 56.</b> Distribusi <i>Fold, Offset</i> dan <i>Azimuth (illumination)</i> Formasi 3 Konfigurasi Bentangan <i>Zig-zag Template Wide Azimuth</i> .....	99
<b>Gambar 57.</b> Distribusi <i>Fold, Offset</i> dan <i>Azimuth (illumination)</i> Formasi 4 Konfigurasi Bentangan <i>Zig-zag Template Wide Azimuth</i> .....	100
<b>Gambar 58.</b> Penyebaran <i>fold</i> ideal konfigurasi bentangan ideal <i>zig-zag</i> dengan model <i>template narrow azimuth</i> .....	102
<b>Gambar 59.</b> Distribusi <i>Fold, Offset</i> dan <i>Azimuth (illumination)</i> Formasi 3 Konfigurasi Bentangan <i>Zig-zag Template Narrow Azimuth</i> .....	103
<b>Gambar 60.</b> Distribusi <i>Fold, Offset</i> dan <i>Azimuth (illumination)</i> Formasi 4 Konfigurasi Bentangan <i>Zig-zag Template Narrow Azimuth</i> .....	104
<b>Gambar 61.</b> Penyebaran <i>fold</i> ideal konfigurasi bentangan ideal <i>slanted</i> dengan model <i>template wide azimuth</i> .....	106
<b>Gambar 62.</b> Distribusi <i>Fold, Offset</i> dan <i>Azimuth (illumination)</i> Formasi 3 Konfigurasi Bentangan <i>Slanted Template Wide Azimuth</i> .....	107

<b>Gambar 63.</b> Distribusi <i>Fold</i> , <i>Offset</i> dan <i>Azimuth (illumination)</i> Formasi 4 Konfigurasi Bentangan <i>Slanted Template Wide Azimuth</i> .....	108
<b>Gambar 64.</b> Penyebaran <i>fold</i> ideal konfigurasi bentangan ideal <i>slanted</i> dengan model <i>template narrow azimuth</i> .....	110
<b>Gambar 65.</b> Distribusi <i>Fold</i> , <i>Offset</i> dan <i>Azimuth (illumination)</i> Formasi 3 Konfigurasi Bentangan <i>Slanted Template Narrow Azimuth</i> .....	111
<b>Gambar 66.</b> Distribusi <i>Fold</i> , <i>Offset</i> dan <i>Azimuth (illumination)</i> Formasi 4 Konfigurasi Bentangan <i>Slanted Template Narrow Azimuth</i> .....	112
<b>Gambar 67.</b> Peta <i>Obstacle</i> pada Lapangan RL .....	118
<b>Gambar 68.</b> Konfigurasi Bentangan <i>Rill</i> Teknik <i>Undershooting</i> .....	120
<b>Gambar 69.</b> <i>Illumination</i> hasil simulasi rekaman bentangan <i>rill</i> sebelum dilakukan teknik <i>undershooting</i> Formasi 3 .....	122
<b>Gambar 70.</b> <i>Illumination</i> hasil simulasi rekaman bentangan <i>rill</i> sebelum dilakukan teknik <i>undershooting</i> Formasi 4 .....	123
<b>Gambar 71.</b> <i>Illumination</i> hasil simulasi rekaman bentangan <i>rill</i> sesudah dilakukan teknik <i>undershooting</i> Formasi 3 .....	125
<b>Gambar 72.</b> <i>Illumination</i> hasil simulasi rekaman bentangan <i>rill</i> sesudah dilakukan teknik <i>undershooting</i> Formasi 4 .....	126
<b>Gambar 73.</b> Peta Desain Survei Seismik 3D Darat Lapangan RL .....	128

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 1.</b> Jadwal Penelitian .....	54
<b>Tabel 2.</b> Parameter Target Lapangan RL .....	61
<b>Tabel 3.</b> Parameter Hasil Evaluasi Teknis.....	70
<b>Tabel 4.</b> Parameter Akuisisi Seismik 3D Darat Lapangan RL.....	72
<b>Tabel 5.</b> Statistik Data Hasil Analisis Simulasi Rekaman Konfigurasi Bentangan Ideal Formasi 3 .....	114
<b>Tabel 6.</b> Statistik Data Hasil Analisis Simulasi Rekaman Konfigurasi Bentangan Ideal Formasi 4 .....	115
<b>Tabel 7.</b> Parameter Konfigurasi Bentangan Optimal pada Formasi 3.....	116
<b>Tabel 8.</b> Parameter Konfigurasi Bentangan Optimal pada Formasi 4.....	116

# **I. PENDAHULUAN**

## **1.1 Latar Belakang**

Hampir dua dekade, seismik 3D berkembang sangat pesat. Perkembangan ini dimulai dari tahun 1990 sampai 1996 pada perusahaan migas yang menggunakannya untuk lapangan migas tengah laut mereka. Selain akuisisi seismik 3D tengah laut, setelah beberapa tahun kemudian akuisisi seismik 3D darat juga mulai berkembang dengan sangat cepat. Tidak hanya sebagai peralatan eksplorasi, seismik 3D sekarang tumbuh secara drastis untuk keperluan pengembangan dan produksi suatu lapangan migas. Seismik 3D dapat mengurangi pengaruh ketidakpastian dalam eksplorasi dan produksi migas dari hasil penelitian geologi dan seismik 2D sebelumnya. Sebelum melakukan akuisisi seismik 3D, maka tahapan sebelum perencanaan (*pre-planning*) merupakan tahapan yang mendasar untuk memastikan kualitas data seismik 3D dalam menentukan struktur, stratigrafi dan litologi yang dibutuhkan. Faktor sebelum perencanaan tersebut terdiri dari penaksiran parameter geofisika dan non geofisika, seperti pertimbangan faktor lingkungan, keperluan kesehatan dan keselamatan, dan lainnya. Tahapan sebelum perencanaan membantu dalam pendefinisian target geologi secara 3D yang berasosiasi dengan parameter geofisika, desain dan anggaran survei (Cordson dalam Chouch dan Mari, 2006).

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).

Faktor–faktor yang perlu diperhatikan dalam perancangan desain survei seismik, yaitu kedalaman target primer dan kedalaman target sekunder, kualitas refleksi, resolusi vertikal yang diinginkan, kemiringan target, ciri–ciri jebakan yang menjadi sasaran, problem *noise* khusus yang akan muncul di lapangan dan logistik pada pelaksanaan operasi survei seismik (Edi, 2011).

Belakangan ini, perancangan desain survei seismik sudah mulai menerapkan *ray tracing modelling* (pemodelan penjalaran gelombang) untuk memetakan titik pantul gelombang yang terbentuk pada satu 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).

Untuk mendapatkan parameter desain survei seismik 3D yang optimal pada Lapangan RL dengan model geologi yang kompleks, maka dilakukan penerapan beberapa model parameter desain survei seismik 3D dan analisis penjalaran gelombang terhadap lapisan target. Harapannya dengan penelitian ini akan diperoleh penampang seismik 3D yang berkualitas baik (*S/N ratio* tinggi) dengan mempertimbangkan faktor-faktor geosifika dan non-geofisika yang ada di Lapangan RL tersebut.

## 1.2 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah 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.

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Prosedur geometri pada eksplorasi seismik 3D dari tahap pra-operasional sampai tahap “re-desain” di tahap operasional, yang mengalami modifikasi posisi *shot point recovery* akibat rintangan di lapangan.
2. Analisis perbandingan 4 tipe *template* yaitu *orthogonal*, *brick*, *zig-zag* dan *slanted* dengan 2 ukuran *template* yaitu *wide* dan *narrow azimuth*.
3. Analisis simulasi rekaman yang dilakukan yaitu berdasarkan penjalaran gelombang (*ray tracing*), iluminasi target (*illumination*), distribusi *fold*, *azimuth* dan *offset*.

### 1.4 Manfaat

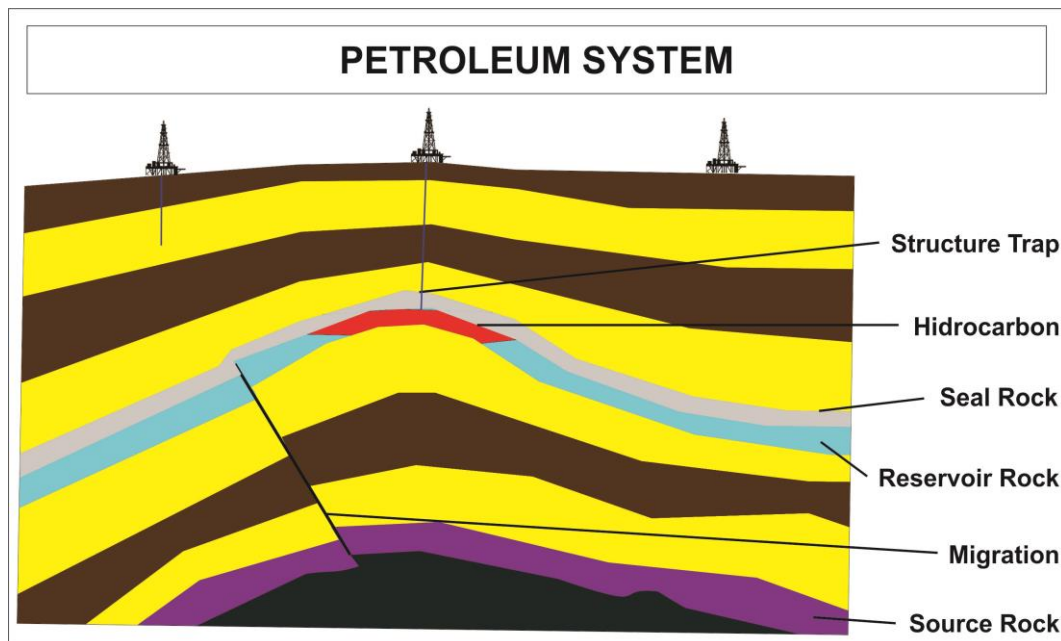
Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat memberikan parameter desain survei seismik 3D yang efektif dan efisien pada Lapangan RL sehingga target dari survei seismik 3D ini tercapai.
2. Mendapatkan gambaran bawah permukaan Lapangan RL yang cukup detail dengan kualitas data yang bagus (*S/N ratio* tinggi).

## II. 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* ini, terdiri atas: batuan sumber, batuan reservoir, batuan penyekat, perangkap dan migrasi (Gambar 1).



**Gambar 1.** Ilustrasi *Petroleum System* (Modifikasi SM-IATMIUNDIP, 2011)

### 2.1.1 Batuan Sumber

Merupakan endapan sedimen yang mengandung bahan-bahan organik yang cukup untuk dapat menghasilkan minyak dan gas bumi ketika endapan tersebut tertimbun dan terpanaskan, dan dapat mengeluarkan minyak dan gas bumi dalam jumlah yang ekonomis. Bahan organik yang terkandung dalam batuan sumber disebut *karogen*.

*Karogen* memiliki 4 tipe yaitu:

- Tipe 1

Alga dari lingkungan pengendapan *lacustrine* dan *lagoon*. Tipe seperti ini dapat menghasilkan minyak dengan kualitas baik dan mampu menghasilkan gas.

- Tipe 2

Campuran dari tumbuhan dan mikroorganisme laut. Tipe seperti ini merupakan bahan utama minyak dan gas bumi

- Tipe 3

Tanaman darat dalam endapan yang mengandung batubara. Tipe seperti ini umumnya menghasilkan gas dan sedikit minyak.

- Tipe 4

Bahan bahan tanaman yang teroksidasi. Tipe seperti ini tidak mampu menghasilkan minyak dan gas (SM-IATMIUNDIP, 2011).

### 2.1.2 Batuan Reservoir

Batuan Reservoir adalah batuan yang mampu menyimpan dan mengalirkan hidrokarbon. Dengan kata lain batuan tersebut harus memiliki porositas dan

permeabilitas. Jenis reservoir pada umumnya, yaitu batu pasir dan batuan karbonat dengan porositas 15-30% (baik porositas primer maupun sekunder) serta permeabilitas minimum sekitar 1 mD (mili Darcy) untuk gas dan 10 mD untuk minyak ringan (*light oil*).

### 2.1.3 Batuan Penyekat (*Seal Rock*)

*Seal* adalah sistem batuan penyekat yang bersifat tidak *permeable*, seperti batulempung/*mudstone*, *anhydrite* dan garam (Abdullah, 2007).

### 2.1.4 Perangkap (*Trap*)

*Trap* adalah bentuk dari suatu geometri atau *facies* yang mampu menahan minyak dan gas bumi untuk berkumpul dan tidak berpindah lagi. Suatu *trap* harus terdiri dari batuan reservoir sebagai tempat penyimpanan hidrokarbon dan satu set *seal* sebagai penutup agar tidak terjadi migrasi lagi.

Proses migrasi dan pembentukan *trap* tidak saling berhubungan dan terjadi di waktu yang berbeda. Waktu pembentukan *trap* sangat penting karena jika *trap* terbentuk sebelum hidrokarbon bermigrasi, maka kemungkinan akan ditemukannya akumulasi hidrokarbon di dalam *trap*. Dan jika sebaliknya, maka kemungkinan hidrokarbon telah melewati *trap* tersebut. Adapun tipe jebakan *trap* tersebut, yaitu:

- Jebakan Struktural

Jebakan yang dipengaruhi oleh kejadian deformasi perlapisan dengan terbentuknya struktur lipatan dan patahan yang merupakan respon dari kejadian tektonik dan merupakan perangkap yang paling asli dan paling penting.



- Jebakan Stratigrafi

Jebakan yang dipengaruhi oleh variasi perlapisan secara vertikal dan lateral, perubahan *facies* batuan dan ketidakselarasan, dan variasi lateral litologi pada suatu lapisan reservoir dalam perpindahan minyak bumi.

- Jebakan Kombinasi

Kombinasi antara struktural dan stratigrafi, dimana pada perangkat jenis ini merupakan faktor bersama dalam membatasi Bergeraknya atau menjebak minyak bumi (SM-IATMIUNDIP, 2011).

### 2.1.5 Migrasi

Migrasi adalah perpindahan hidrokarbon dari batuan sumber melewati rekahan dan pori-pori batuan waduk menuju tempat yang lebih tinggi. Beberapa jenis sumber penggerak perpindahan hidrokarbon ini diantaranya, yaitu kompaksi, tegangan permukaan, gaya pelampungan, tekanan hidrostatik, tekanan gas dan gradien hidrodinamik (Koesoemadinata, 1980).

Dalam transportasi hidrokarbon terjadi beberapa proses (SM-IATMIUNDIP, 2011), yaitu:

- Migrasi primer merupakan migrasi didalam sekuen dari *source rock*
- *Ekspulsion* merupakan migrasi dari sekuen *source rock* menuju *carrier bed*
- Migrasi Sekunder merupakan transportasi *carrier bed* menuju ke *trap*.

Menurut Abdullah, 2011 bahwa prinsip dasar identifikasi jalur-jalur migrasi hidrokarbon adalah dengan membuat peta reservoir. Kebalikannya dari air sungai

di permukaan bumi dimana hidrokarbon akan melewati punggung (bukit-bukit) dari morfologi reservoir. Daerah yang teraliri hidrokarbon disebut dengan *drainage area* (analogi daerah aliran sungai di permukaan bumi). Jika perangkap tersebut telah terisi penuh (*fill to spill*) sampai *spill point*, maka hidrokarbon tersebut akan tumpah (*spill*) ke tempat yang lebih dangkal.

### III. TEORI DASAR

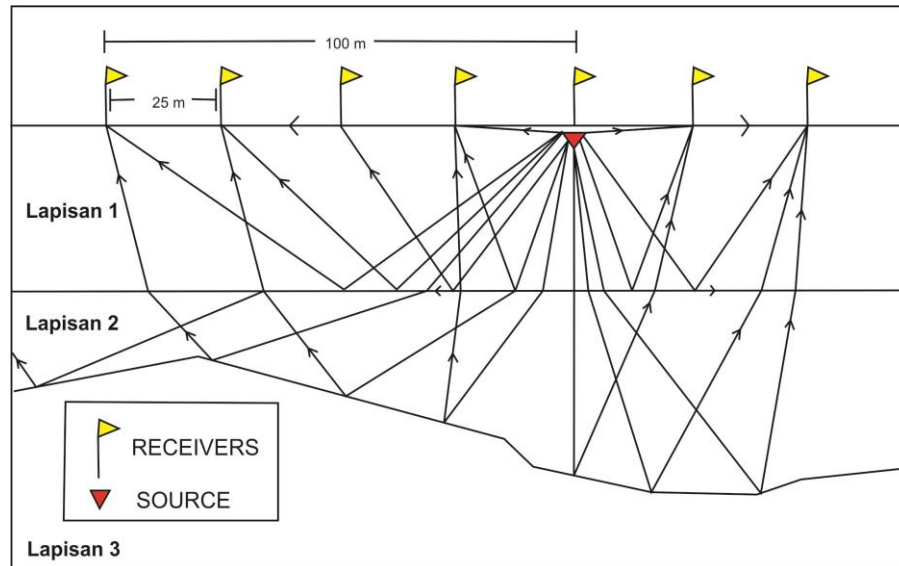
#### 3.1 Gelombang Seismik

Gelombang secara umum adalah fenomena perambatan gangguan dalam medium disekitarnya. Gelombang seismik adalah jenis gelombang dengan media penjarangannya 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.

Gelombang seismik merambat dari sumber ( $S$ ) ke penerima ( $R$ ) dengan kecepatan ( $V$ ) dan waktu tempuh ( $t$ ). Waktu tempuh perambatan gelombang seismik untuk model bumi dua lapis yang ideal (*homogeny, isotropis* dan *horizontal*) digambarkan pada Gambar 2.

Berdasarkan lintasannya (Gambar 2), gelombang dapat dibedakan sebagai Berikut: Gelombang langsung, yaitu gelombang yang merambat dari sumber  $S$  ke penerima  $R$  dengan kecepatan  $V_1$ , Gelombang pantul, yaitu gelombang yang merambat dari sumber  $S$  ke penerima  $R$  setelah dipantulkan oleh bidang batas dengan kecepatan  $V_1$ , dan Gelombang bias, yaitu gelombang yang merambat dari sumber  $S$  ke

penerima  $R$  setelah dibiaskan pada bidang batas lapisan dengan kecepatan  $V_1$  (Edi, 2011).



**Gambar 2.** Perambatan gelombang seismik untuk dua model lapisan

### 3.2 Tipe Gelombang Seismik

Menurut Munadi dalam Edi, 2011 bahwa tipe gelombang seismik dibedakan berdasarkan cara bergetarnya, tempat menjalarnya dan bentuk muka gelombangnya.

#### 3.2.1 Menurut Cara Bergetarnya

Dalam mempelajari desain survei seismik maka tidak akan terlepas dari penerapan prinsip-prinsip metode seismik pantul. Prinsip seismik pantul yang sering ditemukan dalam survei seismik yaitu gelombang P dan gelombang S.

- **Gelombang  $P$**  (Gambar 3.a): sering dikenal sebagai gelombang dilatasi, longitudinal, bebas pusaran dan  $P$  atau *Primery* (gelombang pertama yang terekam saat terjadi gempa). Kecepatan gelombang  $P$  di dalam air diperkirakan sekitar 1,5 km/s. Kecepatan gelombang  $P$  akan semakin menurun dengan bertukarnya pori – pori batuan berisi air menjadi gas. Pada lapisan batuan lapuk kecepatan gelombang  $P$  rendah berkisar antara 0,4 sampai 0,8 km/s, adakalanya sangat rendah 150 m/s dan juga kadang – kadang tinggi 1,2 km/s (Sheriff dan Geldart, 1995). Hal ini dapat dijelaskan 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,

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

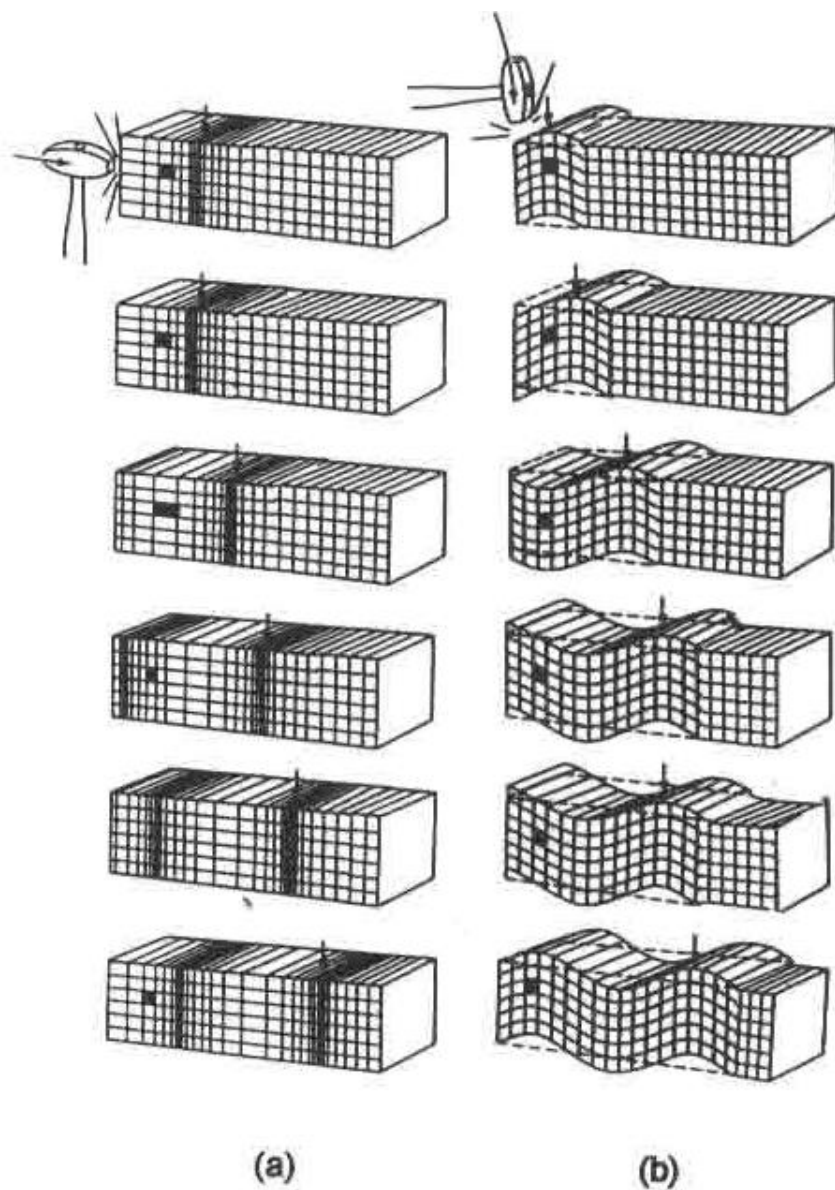
Persamaan 2 memperlihatkan bahwa gelombang  $P$  dapat menjalar pada medium padat, cair dan gas yang semuanya bersifat dapat dimampatkan ( $K \neq 0$ ).

- **Gelombang  $S$**  (Gambar 3.b): dikenal juga sebagai gelombang *shear*, transversal, rotasi atau  $S$  atau *Secondary* (gelombang kedua yang terekam saat terjadi gempa). Penjalaran gelombang  $S$  biasanya dipisahkan dalam komponen sejajar dan tegak lurus terhadap permukaan tanah yang dikenal sebagai gelombang  $SH$  dan  $SV$  (Sheriff dan Geldart, 1995). 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 (Lowrie, 2007).



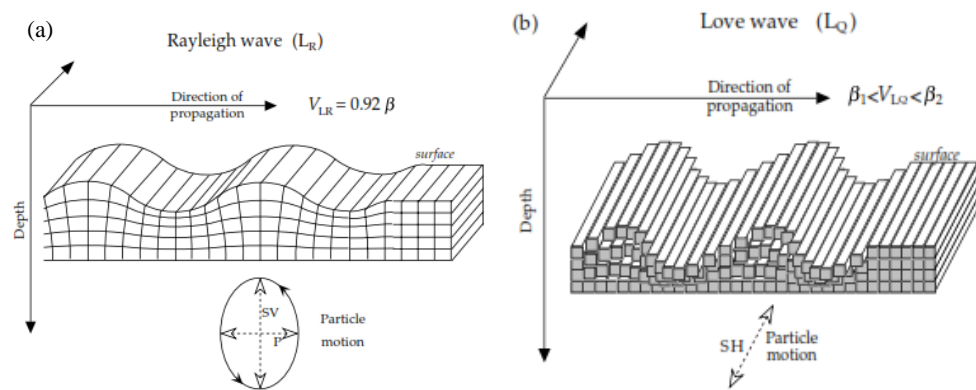
**Gambar 3.** Gerak gelombang badan pada suatu bidang, (a). Gelombang  $P$ , (b). Gelombang  $S$  (Sheriff dan Geldart, 1995)

### 3.2.2 Menurut Tempat Menjalarnya

Menurut tempat menjalarnya gelombang seismik terbagi atas dua, yaitu gelombang badan dan gelombang permukaan.

- **Gelombang Badan:** ketika energi terlepas tiba-tiba pada titik  $P$  dekat permukaan dari medium yang homogen, sebagian energi tersebut akan menyebar melalui badan medium yang disebut juga sebagai gelombang badan. Ketika gelombang badan menjangkau jarak  $r$  dari sumbernya pada medium homogen, maka muka gelombang (*wavefront*) akan berbentuk lingkaran bola, dan gelombang itu disebut gelombang melingkar (*spherical wave*). Jika jarak dari sumber meningkat maka lengkungan dari muka gelombang melingkar akan menurun. Dengan bertambahnya jarak yang jauh, maka muka gelombang tersebut akan semakin datar atau akan seperti bidang dan gelombang tersebut disebut sebagai gelombang bidang (*plane wave*). Sedangkan arah tegak lurus terhadap muka gelombang disebut dengan jejak sinar gelombang (*ray path*). Pada dasarnya gelombang badan dibagi atas dua, yaitu gelombang  $P$  dan gelombang  $S$  (Lowrie, 2007).
- **Gelombang Permukaan:** ada dua kategori dari gelombang permukaan, kadang-kadang diketahui secara kolektif sebagai gelombang  $L$ , dan dibagi atas gelombang *Rayleigh* ( $L_R$ ) dan gelombang *Love* ( $L_Q$ ), yang mana membedakan keduanya yaitu dari tipe gerak partikel pada muka gelombangnya (Lowrie, 2007). Gelombang *Rayleigh* adalah gelombang permukaan dalam seismik eksplorasi yang menyebar pada permukaan yang bebas partikel padat (*vacuum*), Gelombang *Groundroll* adalah istilah yang umum digunakan untuk menyebut Gelombang *Rayleigh*. Gelombang *Love* adalah gelombang

permukaan yang terdiri atas gerakan *SH* sejajar antarmuka. Mereka muncul hanya ketika medium semi tak terhingga terlampaui oleh lapisan atas dari ketebalan terbatas berakhir pada permukaan bebas (Sheriff dan Geldart, 1995).

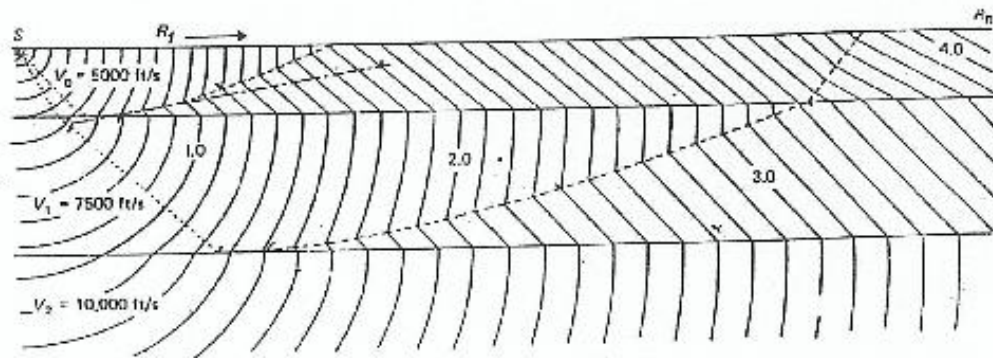


**Gambar 4.** Penjalaran gelombang permukaan pada suatu bidang, (a). Gelombang *Rayleigh*, (b). Gelombang *Love* (Lowrie, 2007)

### 3.2.3 Menurut Bentuk Muka Gelombangnya

Muka gelombang adalah suatu bidang permukaan yang pada suatu saat tertentu membedakan medium yang telah terusik dengan medium yang belum terusik. Muka gelombang merupakan potret dari penjalaran usikan. Gelombang seismik dapat dibedakan menjadi empat macam, yaitu gelombang bidang/datar, gelombang silinder, gelombang bola dan gelombang kerucut.





**Gambar 5.** Penjarangan gelombang dalam bentuk diagram muka gelombang 1D (Thornburgh dalam Munadi, 2000)

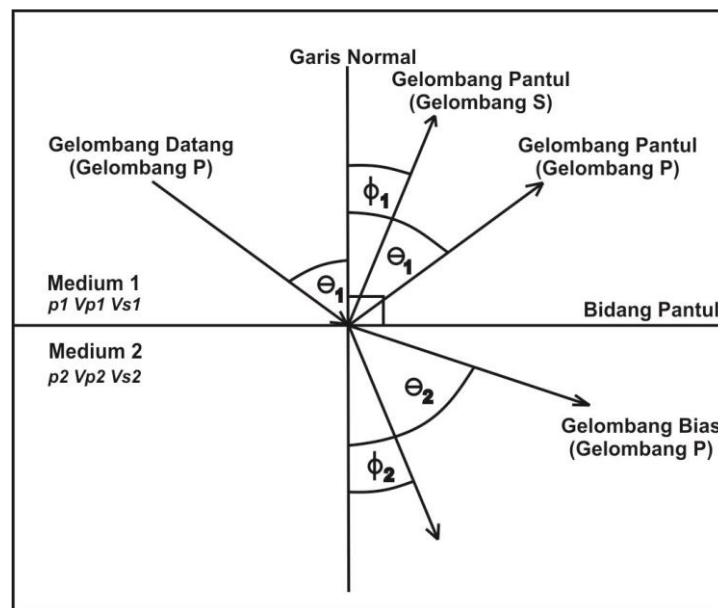
Pada Gambar 5 terlihat bahwa sumber  $S$  memancarkan gelombang bola di lapisan pertama. Di lapisan kedua yang kecepatannya lebih besar dari pada lapisan pertama, muka gelombangnya lebih cepat menjalar. Pada sudut datang lebih besar dari sudut kritis muncul gelombang *head wave* yang muka gelombangnya berupa bidang datar. Hal yang sama terjadi pada bidang batas antara lapisan dua atau tiga (Thornburgh dalam Munadi, 2000).

### 3.3 Hukum Fisika Gelombang Seismik

#### 3.3.1 Hukum Snellius

Perambatan gelombang seismik dari satu medium ke medium lain yang mempunyai sifat fisik yang berbeda, seperti kecepatan dan densitas akan mengalami perubahan arah ketika melewati bidang batas antar medium. Suatu gelombang yang datang pada bidang batas dua media yang sifat fisiknya berbeda akan dibiaskan jika sudut datang lebih kecil atau sama dengan sudut kritisnya dan akan dipantulkan jika sudut datang lebih besar dari sudut kritis. Sudut kritis adalah sudut datang yang

menyebabkan gelombang dibiaskan  $90^\circ$ . Jika suatu berkas gelombang  $P$  yang datang mengenai permukaan bidang batas antara dua medium yang berbeda, maka sebagian energi gelombang tersebut akan dipantulkan sebagai gelombang  $P$  dan gelombang  $S$ , dan sebagian lagi akan dibiaskan sebagai gelombang  $P$  dan gelombang  $S$ , seperti yang diilustrasikan pada Gambar 6 dibawah ini,



**Gambar 6.** Pemantulan dan pembiasan pada bidang batas dua medium untuk gelombang  $P$

Lintasan tersebut mengikuti hukum Snell, yaitu:

$$\frac{\sin\theta_1}{V_{p1}} = \frac{\sin\theta_{1'}}{V_{p1}} = \frac{\sin\theta_2}{V_{p2}} = \frac{\sin\phi_1}{V_{s1}} = \frac{\sin\phi_2}{V_{s2}} = p \quad \dots(4)$$

Keterangan:

$\theta_1$  = sudut datang Gelombang  $P$

$\theta_{1'}$  = sudut pantul Gelombang  $P$

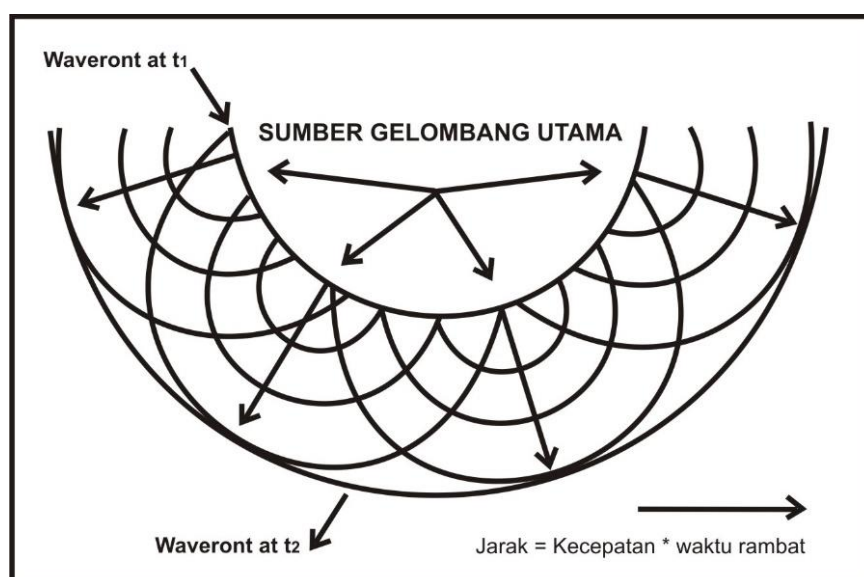
$\theta_2$  = sudut bias Gelombang  $P$

$\phi_1$  = sudut pantul Gelombang  $S$

- $\phi_2$  = sudut bias Gelombang  $S$   
 $V_{p1}$  = kecepatan Gelombang  $P$  pada medium pertama  
 $V_{p2}$  = kecepatan Gelombang  $P$  pada medium kedua  
 $V_{s1}$  = kecepatan Gelombang  $S$  pada medium pertama  
 $V_{s2}$  = kecepatan Gelombang  $S$  pada medium kedua  
 $p$  = parameter gelombang, dan  $\theta_1 = \theta_1'$   
 1, 2 = lapisan 1 dan lapisan 2 (Sheriff dan Geldart, 1995).

### 3.3.2 Prinsip Huygens

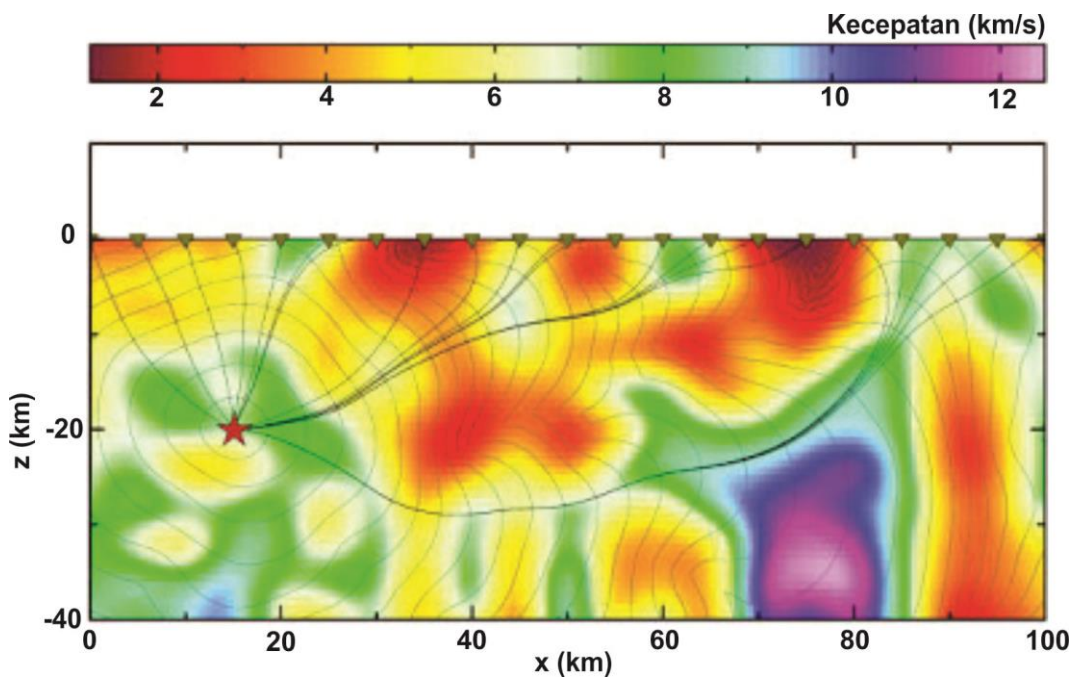
Huygens mengatakan bahwa setiap titik pengganggu yang berada di depan muka gelombang utama akan menjadi sumber bagi terbentuknya deratan gelombang yang baru, dimana jumlah dari energi total gelombang yang baru sama dengan energi utama. Hal ini sesuai dengan prinsip *kirchoff* bahwa energi yang masuk sama dengan energi yang keluar (Shiame, 2007).



**Gambar 7.** Prinsip Huygens

### 3.3.3 Prinsip Fermat

Prinsip Fermat menyatakan bahwa jika sebuah gelombang merambat dari suatu titik ke titik yang lain maka gelombang tersebut akan memilih jejak yang tercepat. Dimana kata tercepat memberikan penekanan bahwa jejak yang akan dilalui oleh sebuah gelombang adalah jejak yang secara waktu tercepat bukan yang terpendek secara jarak. Karena tidak selamanya yang terpendek itu selalu tercepat. Sehingga dengan demikian jika gelombang melewati sebuah medium yang memiliki variasi kecepatan gelombang seismik maka gelombang tersebut akan cenderung malalui zona-zona kecepatan tinggi dan menghindari zona – zona kecepatan rendah (Shiame, 2007).



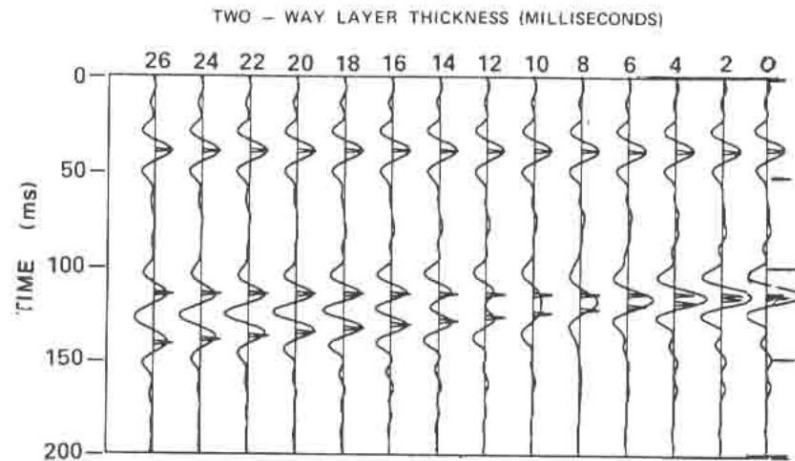
**Gambar 8.** Prinsip Fermat (Rawlinson dalam Abdullah, 2011)

### 3.4 Resolusi Seismik

Menurut Yilmaz, 2001 bahwa resolusi berhubungan dengan bagaimana dua titik yang berdekatan masih dapat dibedakan. Dua tipe dari resolusi, yaitu vertikal dan horizontal, yang mana keduanya dikontrol oleh *bandwidth* sinyal. Ukuran untuk resolusi vertikal adalah panjang gelombang dominan, yaitu kecepatan gelombang dibagi terhadap frekuensi dominan. Sedangkan ukuran untuk resolusi *lateral* adalah zona *fresnel*, yaitu area bundar pada suatu reflektor yang ukurannya tergantung terhadap kedalaman reflektor, kecepatan di atas reflektor dan juga frekuensi dominannya.

#### 3.4.1 Resolusi Vertikal

Berdasarkan patokan *Reyleigh* (Zeng dalam Everett, 2013), resolusi vertikal dari gelombang seismik adalah  $\lambda/4$ , dimana  $\lambda = V/f$  adalah panjang gelombang seismik. Frekuensi ( $f$ ) adalah frekuensi dominan atau pusat yang dibawa oleh paket gelombang seismik. Menurut Yilmaz, 2001 bahwa kecepatan gelombang seismik bawah permukaan berkisar antara 2000 dan 5000 m/s dan secara umum meningkat terhadap kedalaman. Sedangkan, frekuensi gelombang seismik secara khas bervariasi antara 50 dan 20 Hz dan menurun terhadap kedalaman. Oleh karena itu, panjang gelombang seismik secara khas berada diantara 50 sampai 250 m dan secara umum meningkat terhadap kedalaman. Karena panjang gelombang menentukan resolusi, fitur terdalam harus lebih tebal dari fitur dangkal agar dapat diresolusikan.



**Gambar 9.** Ilustrasi refleksi resolusi vertikal (Sheriff dan Geldart, 1995)

Secara jelas kemampuan untuk menyelesaikan atau mendeteksi target yang kecil dapat dilakukan dengan meningkatkan frekuensi dominan dari data yang di-*stack*. Frekuensi dominan yang telah di-*stack* dari area yang diberikan, dibangun oleh sifat fisik bawah permukaan, kualitas pengolahan data dan parameter perekaman. Karena kita tidak dapat mengontrol sifat fisis bawah permukaan, level sinyal frekuensi tinggi hanya dapat dipengaruhi oleh upaya yang diatur pada perekaman dan pengolahan data.

### 3.4.2 Resolusi Lateral

Resolusi lateral menunjukkan seberapa dekat dua titik reflektor dapat diletakkan secara horizontal, atau masih dapat dikenal sebagai dua titik yang terpisah dari pada satu kesatuan. Lebar zona *Fresnel* ( $r$ ) adalah ukuran dari resolusi lateral. Disamping frekuensi, resolusi lateral juga tergantung pada kecepatan dan kedalaman dari muka titik pantul. Jari-jari dari muka gelombang kir-kira sebagai berikut,

$$r = \sqrt{\frac{z_0 \lambda}{2}} \quad \dots(5)$$

Dalam istilah frekuensi dominan ( $f$ ), lebar zona *Fresnel* (Gambar 9) adalah,

$$r = \frac{v}{2} \sqrt{\frac{t_0}{f}} \quad (\text{Yilmaz, 2001}) \quad \dots(6)$$

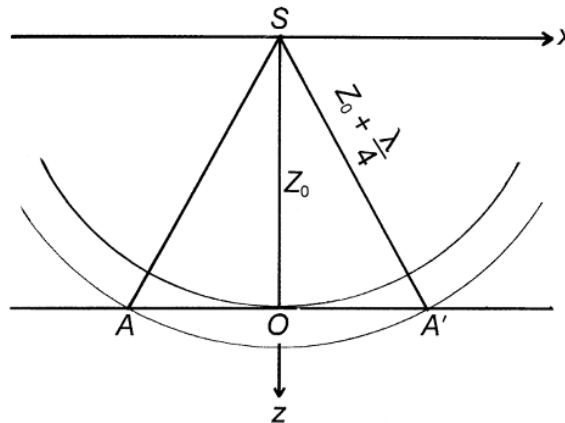
Keterangan:

$Z_0$  = Kedalaman sumber ke titik muka reflektor

$\lambda$  = Panjang gelombang

$t_0$  = Waktu rambat dari sumber ke titik muka reflektor

$f$  = Frekuensi dominan



**Gambar 10.** Definisi Zona *Fresnel* AA' (Yilmaz, 2001)

Zona *Fresnel* sering diambil sebagai batas resolusi horizontal (lateral) pada data seismik yang belum termigrasi meskipun faktor lain seperti *signal/noise* (S/N) *ratio*, spasi antara *trace*, efek tiga dimensi yang juga dipengaruhi seberapa jauh fitur tersebut dibedakan sebagai fitur yang terpisah. Resolusi yang telah termigrasi sebagian sangat sulit diukur karena hal tersebut tergantung pada beberapa faktor, khususnya pada keberadaan *noise*. Migrasi dapat dipikirkan sebagai pengubah zona *Fresnel* dan oleh sebab itu ukuran zona *Fresnel* tidak dapat digunakan sebagai

standar untuk resolusi horizontal pada bagian yang telah dimigrasi karena migrasi hanya mengubah zona *Fresnel* ke arah yang tepat dan mengurangi *noise* (Sheriff dan Geldart, 1995).

### **3.5 Parameter Target Akuisisi Seismik 3D**

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 deskripsi target akan semakin baik pula desain yang dihasilkan. Parameter target tersebut terdiri dari 7 parameter (Cordsen dalam Edy, 2011) yaitu:

#### **3.5.1 Target Sasaran**

Target sasaran (lapisan obyektif) adalah lapisan batuan dibawah permukaan bumi yang menarik untuk diselidiki dengan seismik 3D karena diperkirakan memiliki kandungan minyak atau gasbumi yang potensial. Target sasaran/lapisan obyektif ditentukan berdasarkan data *marked welllog* yaitu dari keadaan litologi batuananya dan berdasarkan data penampang seismik sebelumnya, yaitu dari horizon lapisan atau reflektornya. Lapisan obyektif dibagi menjadi dua, yaitu lapisan obyektif utama dan lapisan obyektif sekunder.

#### **3.5.2 Kedalaman Obyektif**

Kedalaman obyektif yang dimaksud adalah kedalaman obyektif utama dan kedalaman obyektif sekunder. Kedalaman diukur dari peta struktur atau dari penampang seismik sebelumnya.



### 3.5.3 Kedalaman Bawah Permukaan

Keadaan bawah permukaan adalah luasan di kedalaman yang membutuhkan penggambaran seismik 3D. Biasanya berbentuk empat persegi panjang sesuai dengan kecenderungan struktur. Luasan ini ditentukan berdasarkan garis batas maksimum dan pola patahan pada struktur. Luasan juga ditentukan dengan mempertimbangkan daerah prospek minyak disekitarnya dan kandungan pengembangan kedepan.

### 3.5.4 Kemiringan Target

*Dip* yang dimaksud disini yaitu sudut antara bidang *orthogonal* terhadap bidang netral. *Dip* diukur dari peta struktur atau dari penampang seismik sebelumnya.

### 3.5.5 Frekuensi

Frekuensi yang dimaksud adalah frekuensi maksimum yang diharapkan masih bisa diterima yang dikandung dalam jejak seismik yang diperoleh di lapangan. Frekuensi diperoleh dari penampang seismik dengan mengukur jarak dari puncak ke puncak gelombang di sekitar horizon target. Frekuensi dominan dari data seismik sebelumnya juga perlu diketahui untuk menentukan besaran frekuensi maksimum yang terkandung dalam data.

### 3.5.6 Kecepatan Gelombang

Kecepatan gelombang adalah kecepatan interval. Kecepatan interval diperoleh dari hasil *well velocity survei* yang dibuat berdasarkan interval kedalaman,

sehingga interval merupakan kecepatan gelombang yang sebenarnya dalam lapisan batuan di daerah penelitian.

### 3.5.7 Cadangan Minyak

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

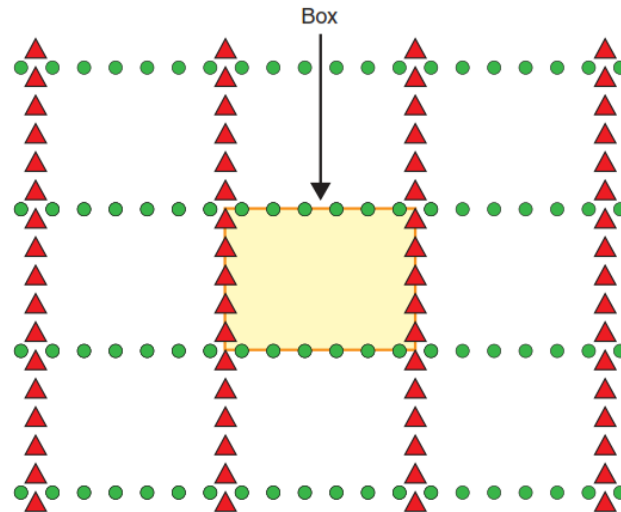
## 3.6 Istilah – Istilah Dalam Desain Survei Seismik 3D

Istilah–istilah dalam desain survei seismik 3D berbeda dari satu ahli geofisika ke ahli geofisika lainnya. Secara umum istilah–istilah tersebut diuraikan (Chaouch dan Mari, 2006) sebagai berikut:

### 3.6.1 Box

Dalam desain *orthogonal*, *box*/kotak (Gambar 11) digambarkan sebagai daerah yang dibangun dari dua *receiver line* ( $R_y$ ) yang berturutan dan dua *source line* ( $S_x$ ) yang berturutan. Daerah kotak ( $S_b$ ) dirumuskan sebagai berikut:

$$S_b = R_y * S_x \quad \dots(5)$$

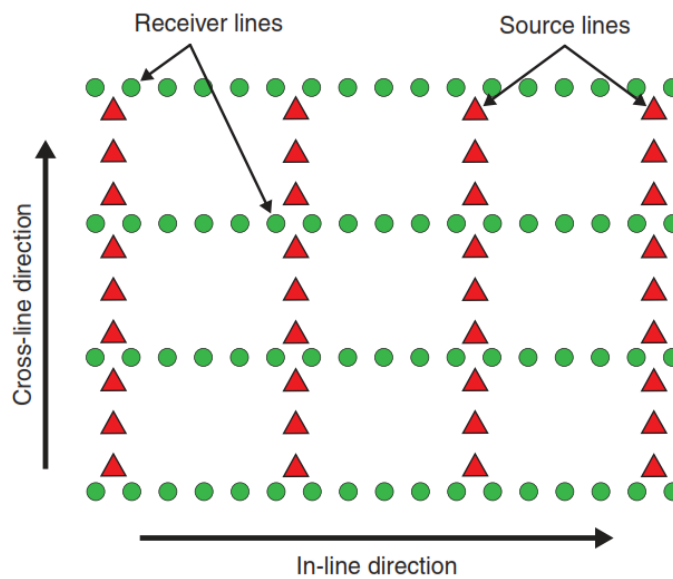


**Gambar 11.** *Box* (Chaouch dan Mari, 2006)

### 3.6.2 *Directions*

*Directions* atau arah (Gambar 12) terbagi dua, yaitu:

- Arah *Inline*: merupakan arah yang sejajar dengan *receiver line*.
- Arah *Crossline*: merupakan arah yang berpotongan dengan *receiver line*.



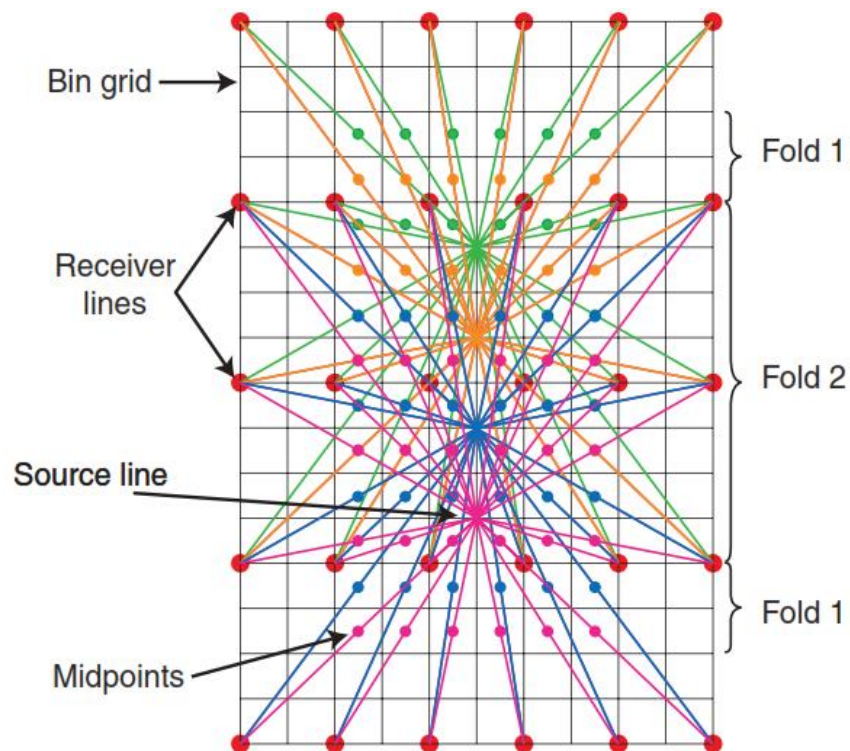
**Gambar 12.** *Directions* (Chaouch dan Mari, 2006)

### 3.6.3 Fold of Coverage

*Fold* 3D (Gambar 13) merupakan jumlah *midpoint* yang jatuh pada *bin* yang sama dan dapat di-*stack*. *Fold* yang penuh pada survei 3D yaitu *fold* untuk *offset* yang maksimum. Sebagian besar suatu *bin* diisi oleh *fold* yang penuh.

Seharusnya secara teknis refleksi, *fold* tidak berada penuh pada bagian pinggir survei seismik 3D. Untuk membuat *fold* yang penuh pada arah *inline* dan *crossline* maka dibutuhkan tambahan area permukaan, yang disebut dengan *halo zone* atau didefinisikan sebagai *fold taper*, dimana *fold* meningkat secara berangsur – angsur.

*Halo zone* ini akan meningkatkan ukuran dari area survei seismik 3D.

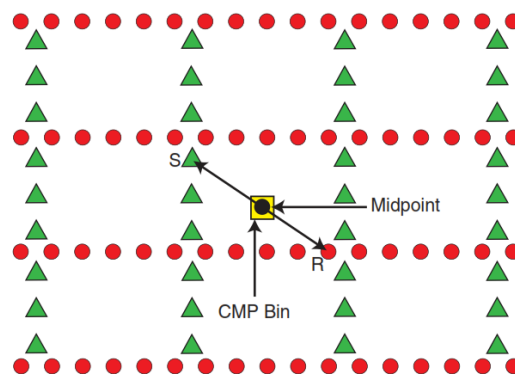


**Gambar 13.** 3D *Fold* (Chaouch dan Mari, 2006)

### 3.6.4 Midpoint

*Midpoint* (Gambar 14) adalah titik yang tepatnya berlokasi di tengah antara jarak lurus *receiver* ke *source*. Dalam seismik 3D, *midpoint* tersebar dalam area survei. Secara praktis, mereka jarang berbentuk *grid* biasa.

- *Common mid point* (CMP): di dalam lapisan medium horizontal dengan kecepatan konstan, *common mid point* (CMP) adalah titik yang terletak di tengah dari sepasang *receiver-source* yang berbeda dengan kecocokan refleksi pada titik bawah permukaan yang sama. Perbedaan *source-receiver* terletak pada arah dan *offset*-nya.
- *CMP bin*: *CMP bin* adalah suatu area persegi atau persegi panjang yang memuat semua *midpoint* dengan CMP yang sama. *Trace* yang jatuh pada *bin* yang sama akan di-*stack*. Banyaknya *trace* yang jatuh pada *bin* menandakan jumlah *fold* dari *bin* tersebut.
- *Bin size*: merupakan panjang dan lebar dari sebuah *bin*. Dimensi *bin* yang paling kecil sama dengan setengah interval titik *source* dan setengah interval titik *receiver* ( $S_y/2 * R_y/2$ ).

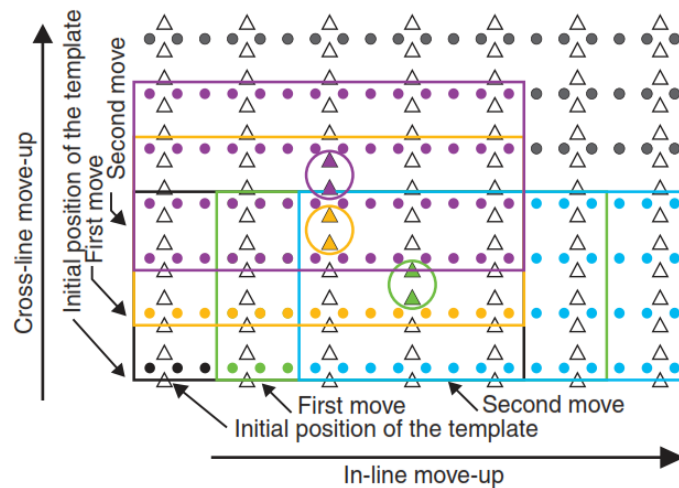


**Gambar 14.** *Midpoint* (Chaouch dan Mari, 2006)

### 3.6.5 Move-Ups

Ada dua tipe *move-ups* (Gambar 15) yang dapat dipertimbangkan dalam survei seismik 3D yaitu:

- *Inline move-up*: muncul ketika *template* bergerak terus searah *receiver line*, setelah setiap *salvo* ditembak dari posisi awal.
- *Crossline move-up*: muncul ketika *template* bergerak terus searah *source line*, setelah setiap *salvo* ditembak dari posisi awal.



**Gambar 15.** *Move-Ups* (Chaouch dan Mari, 2006)

### 3.6.6 Offsets

Berdasarkan dari konfigurasi *template* desain seismik 3D, perbedaan *offset* dapat didefinisikan sebagai berikut:

- *Inline Offset*: adalah jarak yang mewakili setengah panjang dari *template* dalam arah *inline*.

- *Crossline Offset*: adalah jarak yang mewakili setengah panjang dari *template* dalam arah *crossline*.
- *Maximum Offset* ( $X_{max}$ ): adalah jarak setengah diagonal dari *template*.
- *Maximum Minimum Offset* ( $X_{min}$ ) : adalah panjang diagonal dari *box* (kotak) yang dibentuk oleh dua *receiver line* berturutan dan dua *source line* berturutan.

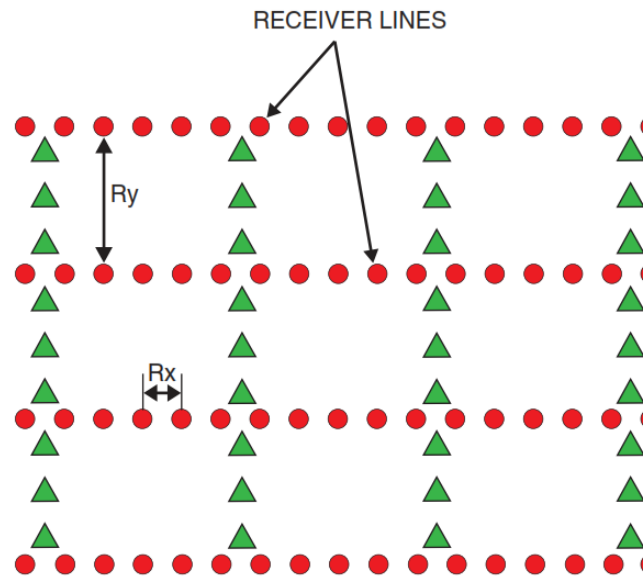
### 3.6.7 Patch

*Patch* adalah sebuah teknik akuisisi seismik 3D dimana *source line* tidak paralel terhadap *receiver line*. Jika *source line* dan *receiver line* saling tegak lurus, maka bentangannya disebut *orthogonal (cross spread)*. Jika *source line* dan *receiver line* tidak saling tegak lurus, maka bentangannya disebut bentangan *slant (slant spread)*.

### 3.6.8 Receiver Line

*Receiver line* (Gambar 16) adalah sebuah lintasan dimana *receiver* diletakkan pada jarak pada umumnya. Pada survei seismik 3D darat, *receiver line* dijaga tetap lurus masih memungkinkan sedangkan pada survei seismik 3D laut, *receiver line* menyesuaikan dengan seretan *streamer*.

- *Receiver Line Interval* ( $R_y$ ): merupakan jarak antara dua *receiver line* yang berurutan atau disebut juga dengan jarak antara *receiver line*.
- *Receiver Interval* ( $R_x$ ): merupakan jarak antara dua *receiver* yang berurutan yang terletak pada *receiver line* yang sama atau disebut juga dengan jarak antara *receiver*.
- *Receiver Density* ( $R_d$ ): merupakan jumlah suatu *receiver* per-unit permukaan, secara umum dalam satuan *square kilometer* (sq.km).



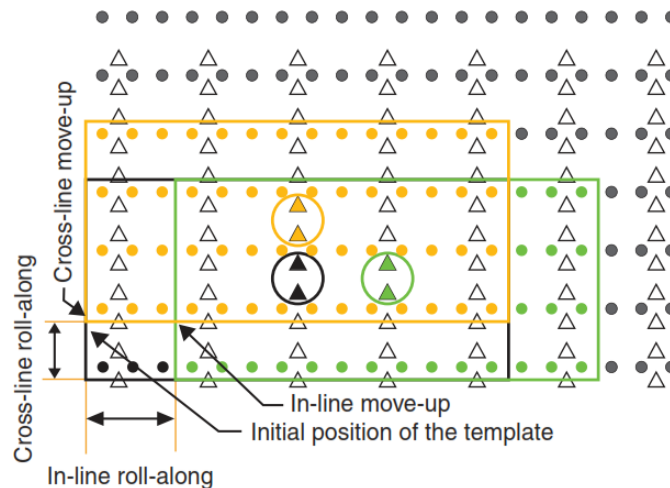
**Gambar 16.** *Receiver Line* (Chaouch dan Mari, 2006)

### 3.6.9 Roll-Along

*Roll-along* (Gambar 17) adalah jarak antara dua posisi *template* yang berurutan dalam bentuk jumlah.

- *Inline Roll-along*: dapat disamakan dengan pergerakan kearah *inline* dari suatu *template* dan mewakili jarak antara dua posisi *template* yang berurutan. Jumlah kolom dari kiri *receiver* di belakang *template* sama dengan *inline roll-along*.
- *Crossline Roll-along*: dapat disamakan dengan pergerakan kearah *crossline* dari suatu *template* dan mewakili jarak antara dua posisi *template* yang berurutan. Jumlah baris dari kiri *receiver* di belakang *template* sama dengan *crossline roll-along*.



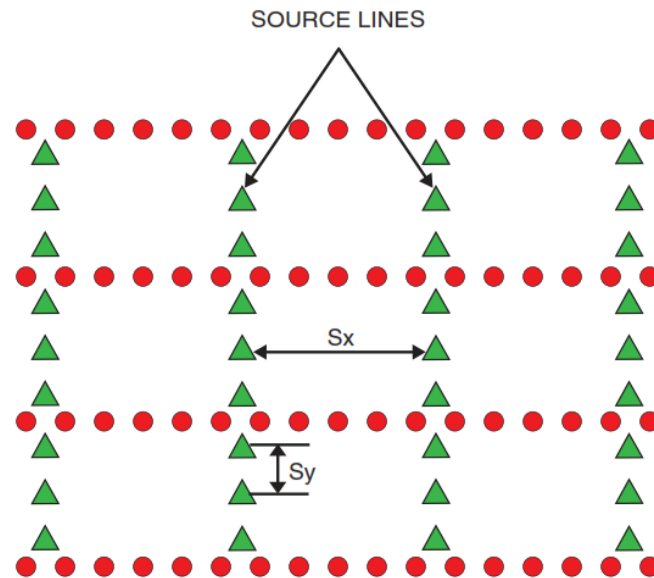


**Gambar 17.** *Roll-Along* (Chaouch dan Mari, 2006)

### 3.6.10 Source Line

*Source line* (Gambar 18) adalah sebuah lintasan dimana titik *source* diletakkan pada jarak pada umumnya. Pada survei seismik 3D darat, *source line* dapat berbentuk tegak lurus atau sejajar atau miring terhadap *receiver line*. Sedangkan pada survei seismik 3D laut, *source line* menyesuaikan pada lintasan yang diikuti oleh susunan *air gun*.

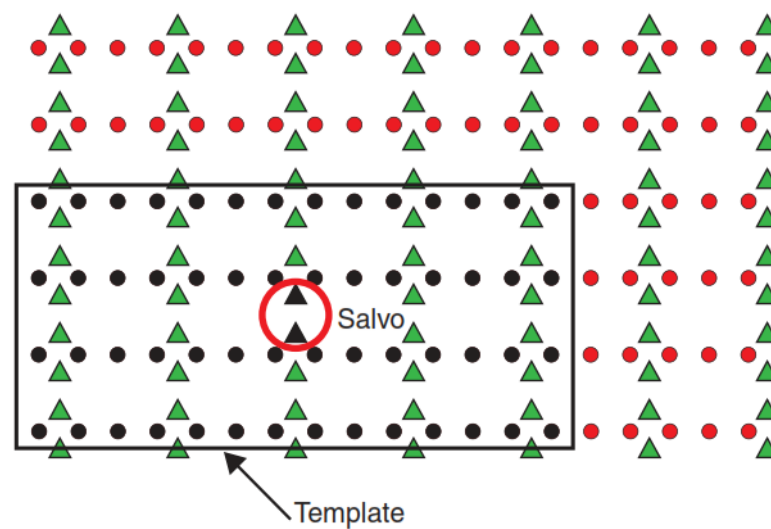
- *Source Line Interval* ( $S_x$ ): merupakan jarak antara dua *source line* yang berurutan atau disebut juga dengan jarak antara *source line*.
- *Source Interval* ( $S_y$ ): merupakan jarak antara dua titik *source* yang berurutan yang terletak pada *source line* yang sama atau disebut juga dengan jarak antara titik *source*.
- *Shot Density* ( $S_d$ ): merupakan jumlah suatu tembakan per unit permukaan, secara umum dalam satuan *square kilometer* (sq.km).



**Gambar 18.** *Source Line* (Chaouch dan Mari, 2006)

### 3.6.11 *Salvo*

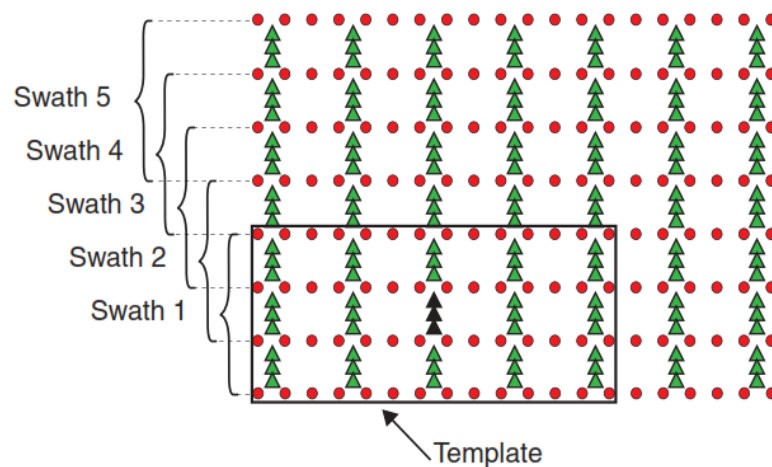
*Salvo* (Gambar 19) adalah jumlah *source* yang telah ditembakkan sebelum *template* bergerak terus sekitar survei.



**Gambar 19.** *Salvo* (Chaouch dan Mari, 2006)

### 3.6.12 Swath

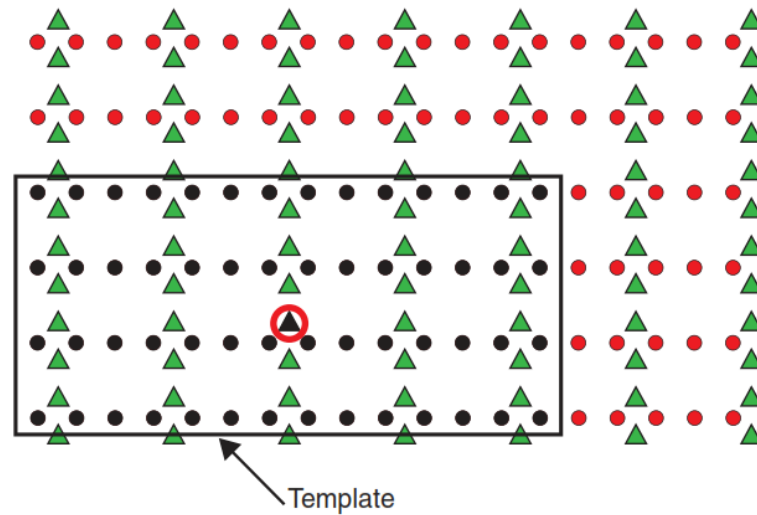
Ketika *template* bergerak dalam satu arah dan mencapai pinggir area survei, itu akan menghasilkan sebuah *swath* (Gambar 20). Pada umumnya pergerakan pertama *template* dimulai dari arah *inline*.



**Gambar 20.** *Swath* (Chaouch dan Mari, 2006)

### 3.6.13 Template

*Template* (Gambar 21) adalah semua *receiver* aktif yang diberikan dalam satu kali penembakan *source*. Semua *receiver* ini terletak pada beberapa lintasan *receiver* yang sejajar.



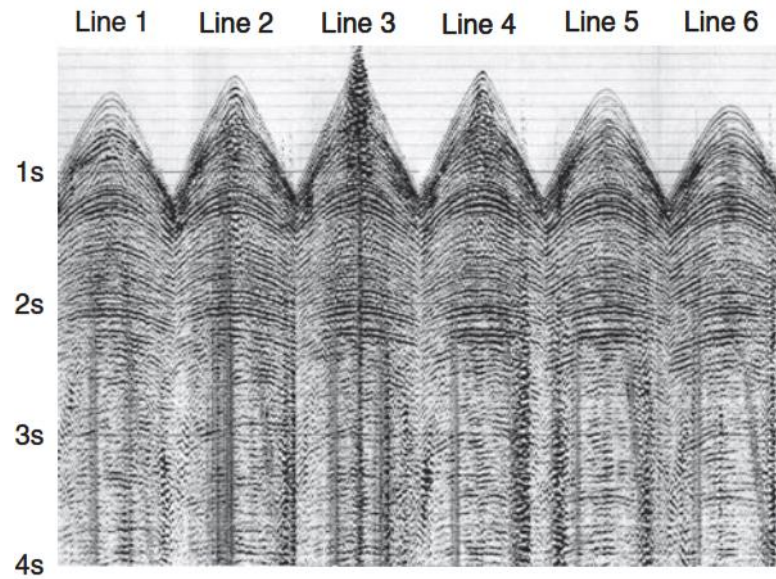
**Gambar 21.** *Template* (Chaouch dan Mari, 2006)

#### 3.6.14 3D Data

Data 3D sama dengan data seismik dalam bentuk volume dimana *Trace CMP* berada pada (X, Y) koordinat yang berdiri sendiri dari bidang vertikal lintasan seismik.

#### 3.6.15 3D Shot Point

Tampilan *3D shot point* (Gambar 22) adalah tersusun dari panel–panel seismik. Jumlah dari panel tersebut sama dengan jumlah lintasan *receiver* dalam satu *template*. Lokasi penembakan bisa berada di tengah, samping maupun akhir dari *template*.



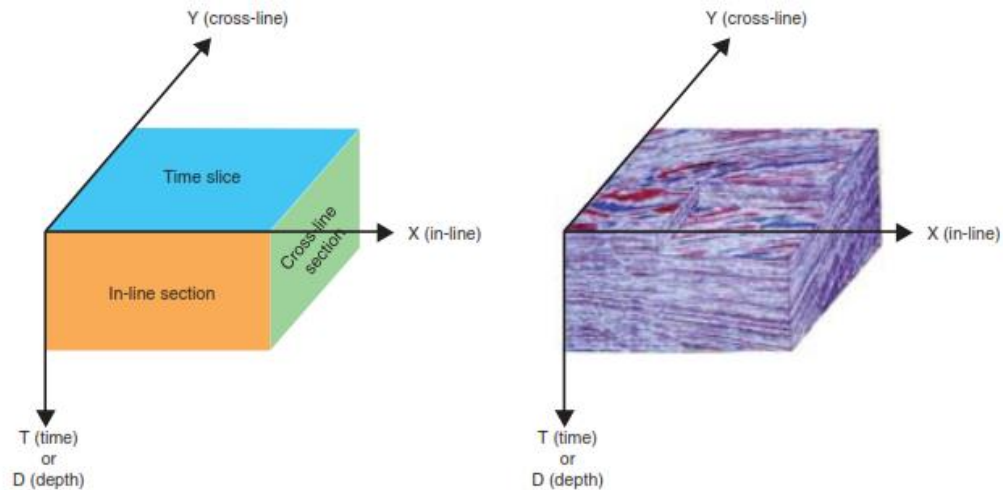
**Gambar 22.** *3D Shot Point* (Chaouch dan Mari, 2006)

#### 3.6.16 3D Data Volume

Volume data 3D (Gambar 23) adalah hasil dari pengolahan data seismik 3D dimana data tersebut telah dimigrasi sesuai dengan *CMP bin* dan telah dilakukan *stacking*.

Data 3D tersebut menghasilkan koordinat X, Y dan Z.

- OX dalam arah *inline*
- OY dalam arah *crossline*
- OZ dalam *two way time* atau kedalaman

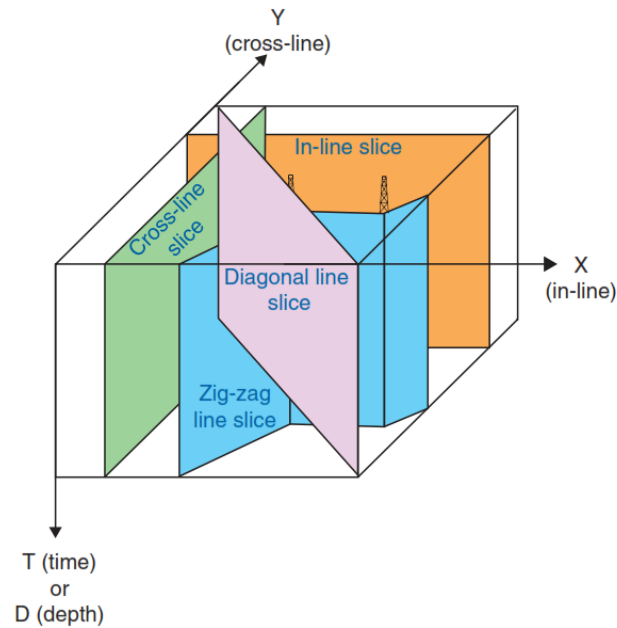


**Gambar 23.** *3D Data Volume* (Chaouch dan Mari, 2006)

### 3.6.17 3D Slice

Dari data volume seismik 3D dapat dibentuk tampilan penampang seismik (Gambar 24) yang berbeda-beda. Beberapa darinya berupa potongan vertikal dan yang lainnya berupa potongan horizontal.

- *Inline Section*: yaitu potongan vertikal yang sejajar arah tembakan pada seismik 3D laut dan sepanjang lintasan *receiver* pada seismik 3D darat.
- *Crossline Section*: yaitu potongan vertikal yang tegak lurus terhadap *inline section*, yang ditampilkan dalam axis OY.
- *Diagonal Line Section*: yaitu potongan vertikal yang diambil berdasarkan arah *azimuth*-nya.
- *Random Line Section*: yaitu potongan vertikal secara berliku-liku yang memotong letak dari sumur bor.
- *Time Slice*: yaitu penampang horizontal yang diambil dari waktu konstan.



**Gambar 24.** *3D Slice* (Chaouch dan Mari, 2006)

### 3.7 Parameter Geofisika Akuisisi Seismik 3D

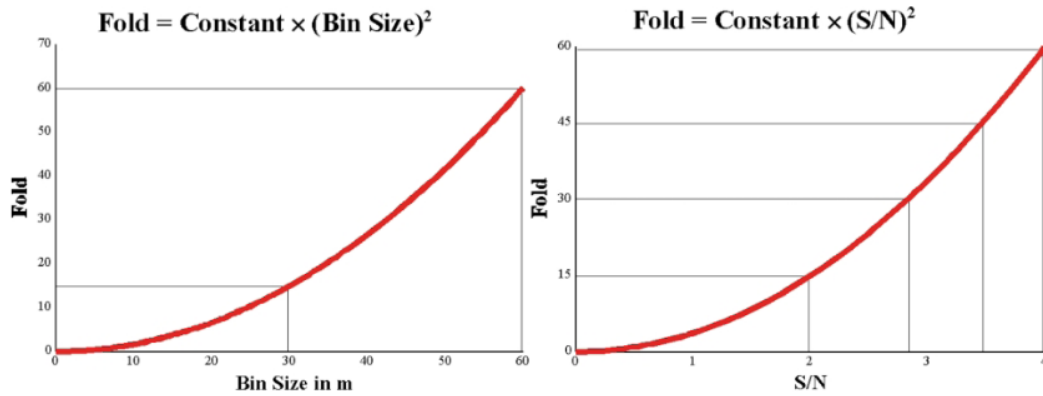
Parameter geofisika seismik 3D dapat disatukan dalam parameter penggambaran, pinggir, geometri dan prekaman. Semua parameter tersebut memiliki pengaruh terhadap kualitas data seismik 3D. Beberapa dari parameter tersebut memiliki pengaruh yang besar terhadap biaya survei, maka harus disesuaikan dengan hati-hati.

#### 3.7.1 Parameter Penggambaran (*Imaging Parameters*)

##### 3.7.1.1 Kelipatan Liputan (*Fold of Coverage*)

Fuchsluger, 2011 menyatakan bahwa *fold* adalah jumlah semua *Common Mid Point* (*CMP*), yang ditandai oleh satu *bin*, karena itu setiap *bin* memiliki *fold* yang spesifik. Semua *trace* pada *bin* ini di-*stack* (dijumlahkan) pada pengolahan data

seismik untuk meningkatkan *Signal to Noise (S/N) ratio*. Dimensi dari *bin* mengontrol *fold*, dimana jarak antara *receiver (RI)* dan jarak antara *source (SI)* mengontrol ukuran *bin*. Setelah di-*stack*, setiap *bin* akan terdiri dari *trace* tunggal, dimana *S/N ratio* merupakan kelipatan ganda dari  $\sqrt{F}$  (Gambar 25).



**Gambar 25.** Hubungan *fold* dengan ukuran *bin* dan *S/N* (Cordsen dalam Fuchsluger, 2011)

Sebagai tambahan, *fold (F)* didefinisikan sebagai jumlah *midpoint* dalam satu *bin*.

Hal ini dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$F = S_d * b^2 * T_r \quad \dots(7)$$

Keterangan:

$S_d$  : Jumlah *source* dalam luas (sq.km)

$b^2$  : Ukuran *bin* dalam luas

$T_r$  : Jumlah total *receiver*

Jumlah *fold* juga dapat dinyatakan dalam hasil *fold inline* dan *crossline*. Jumlah *fold* dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$F = \left[ \frac{(Salvo)}{S_x R_y (Crossline \text{ roll along})} \right] * \left[ \left( \frac{R_x}{2} \right) \left( \frac{S_y}{2} \right) \right] * [(N_r)(N_{rl})] \quad \dots(8)$$



Keterangan:

$S_x$  : Jarak antara lintasan *source*

$R_y$  : Jarak antara lintasan *receiver*

$R_x$  : Jarak antara *receiver*

$S_y$  : Jarak antara *source*

$N_r$  : Jumlah *receiver* yang aktif

$N_{rl}$  : Jumlah lintasan *receiver* yang aktif

*Salvo* : Jumlah *source* yang ditembakkan dalam satu *template*

*Crossline roll along* : Jumlah baris *receiver* di kiri bawah *template*

*Fold* seismik 3D sececara umum dipilih antara 1/3 dan 2/3 dari *fold* seismik 2D kualitas terbaik di area survei seismik tersebut (Chaouch dan Mari, 2006)

### 3.7.1.2 Ukuran *Bin* (*Bin Size*)

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). Sedangkan menurut Cordsen, 2000 bahwa ada tiga faktor yang mengontrol ukuran *bin* yaitu ukuran target, resolusi *lateral* dan maksimum frekuensi yang tidak teraliasi karena reflektor miring.

Ukuran *bin* dapat didefinisikan menjadi dua, yaitu ukuran *bin* yang belum termigrasi dan ukuran *bin* yang sudah termigrasi. Ukuran *bin* yang belum termigrasi dirumuskan sebagai berikut:

$$B = \frac{V}{4*f_{max}*\sin(\theta)} \quad \dots(9)$$

Sedangkan untuk maksimum *bin* yang tidak teraliasi sesudah dimigrasi sebagai berikut:

$$B = \frac{V}{4*f_{max}*\tan(\theta)} \quad \dots(10)$$

Keterangan:

$V$  : Kecepatan interval atau rms

$f_{max}$  : Frekuensi dominan atau maksimum

$\theta$  : Kemiringan reflektor

Secara umumnya kecepatan kecepatan interval akan lebih besar dibandingkan kecepatan *rms* (*root mean square*), sehingga penerapan pada ukuran *bin* akan berbeda, pada kecepatan interval akan memiliki ukuran *bin* yang lebih lebar dibandingkan pada kecepatan *rms*, maka pada kecepatan interval yang diterapkan, lapisan yang dibawahnya cukup dapat dicuplik, namun lapisan di atasnya lebih kurang cuplikannya dan dapat teraliasi. Untuk menghindari situasi ini, target yang lebih dangkal harus dapat mempertimbangkan ukuran *bin* yang diterapkan, dengan menghitungnya pada kedalaman yang bervariasi (Fuchsluger, 2011).

### 3.7.1.3 Migrasi *Aperture* (MA)

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). Menurut Yilmaz, 1987 bahwa migrasi *aperture* meningkat terhadap kecepatan yang diidentifikasi dengan persamaan 11 dan 12, target geologi yang dalam akan memiliki migrasi *aperture* yang akan lebih tinggi juga.

$$M_a = 0.6 * Z = 0.6 * \left(\frac{Vt_0}{2}\right) \quad \dots(12)$$

Jika kemiringan geologi maksimum lebih dari  $30^0$ , migrasi *aperture* menjadi:

$$M_a = Z * \tan\alpha = \left(\frac{Vt_0}{2}\right) * \tan\alpha \quad \dots(13)$$

Keterangan:

$Z$  : Kedalaman target dari permukaan

$Vt_0$  : Kecepatan target dari permukaan

$\alpha$  : Kemiringan reflektor target.

### 3.7.2 Parameter Pinggir (*Edge Parameters*)

Parameter pinggir secara esensi berhubungan dengan distribusi *fold* disekililing area *fold* penuh (*full fold*). Pada area ini, *fold* bukan yang berjumlah, merupakan zona lingkaran. Jarak yang ditambahkan pada area *fold* penuh disebut dengan *Fold Taper*. Dalam akuisisi seismik 3D tipe *taper* terbagi atas dua, yaitu *inline taper* dan *crossline taper*.

### 3.7.2.1 *Inline Taper*

Untuk *inline taper* (Gambar 26) nilai minimum *fold*-nya biasanya sama dengan satu. Akan tetapi itu dapat lebih tinggi pada kasus pengefisienan anggaran. Jarak *inline taper* ( $T_x$ ) adalah:

$$T_x = \left( \frac{I_x F}{2} - 0.5 \right) * S_x \quad \dots(14)$$

Akan lebih praktis untuk menghitung *inline fold taper* jika dibangun dari jarak antara lintasan *source*, dengan persamaan berikut:

$$F_x = \left( \frac{S_x * F}{T_x} \right) \quad \dots(15)$$

Dimana:

$F$  : *Fold* nominal

$I_x F$  : *Inline Fold*

$S_x$  : Jarak antara *source*

$T_x$  : *Inline taper* dalam meter

$F_x$  : *Inline taper* dalam jumlah interval spasi antara lintasan *receiver*

Untuk lapisan datar, *fold inline taper* dapat ditentukan dengan kira-kira 20% dari *offset* maksimum (Chaouch dan Mari, 2006).

### 3.7.2.2 *Crossline Taper*

*Crossline taper* (Gambar 25) tergantung pada konfigurasi *template* seismik 3D.

Jarak  $T_y$  dari *taper* ini adalah:

$$T_y = \left( \frac{C_y F}{2} - 0.5 \right) * R_y \quad \dots(16)$$

Dan *crossline fold taper* yang dibangun dari jarak antara lintasan *source*, diberikan dengan Persamaan 17 berikut:

$$F_y = \left( \frac{R_y * F}{T_y} \right) \quad \dots(17)$$

Dimana:

$F$  : *Fold* nominal

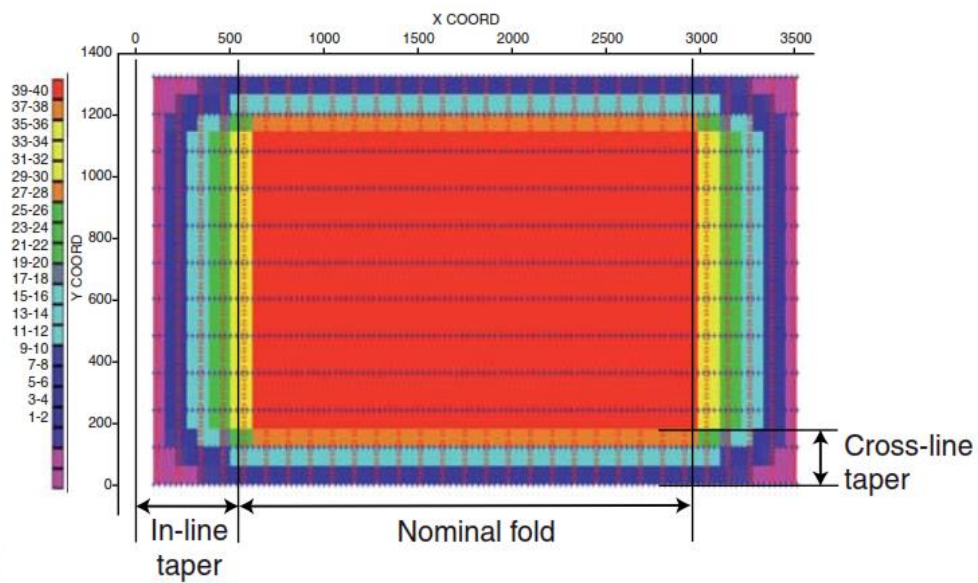
$CyF$  : *Crossline Fold*

$R_y$  : Jarak antara *receiver*

$T_y$  : *Crossline taper* dalam meter

$F_y$  : *Crossline taper* dalam jumlah interval spasi antara lintasan *receiver*

(Chaouch dan Mari, 2006).



**Gambar 26.** Ilustrasi *Inline Taper* dan *Crossline Taper* (Chaouch dan Mari, 2006)

### 3.7.3 Parameter Geometri (*Geometrical Parameters*)

#### 3.7.3.1 *Offset* Maksimum ( $X_{max}$ )

*Offset* maksimum  $X_{max}$  (Gambar 27) 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,

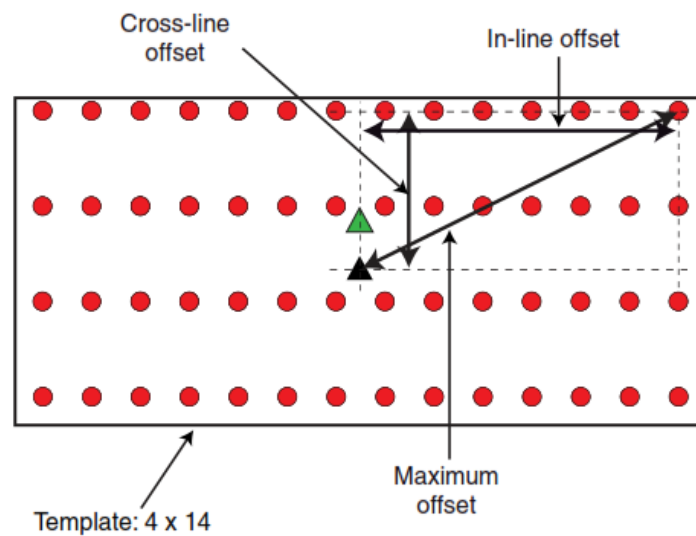
$$X_{max} = \sqrt{(X_{cross}^2 + X_{in}^2)} \quad \dots(18)$$

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*



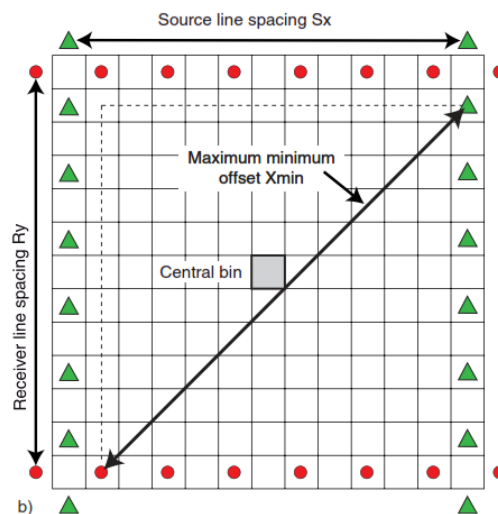
**Gambar 27.** Ilustrasi *Offset* Maksimum (Chaouch dan Mari, 2006)

Banyak faktor yang mempengaruhi dalam pemilihan *offset* maksimum seperti; kedalaman target geologi, *NMO stretch*, gelombang langsung, perbedaan *multiple*, perlengkapan yang dibutuhkan, dan lain-lain.

*Offset* maksimum harus memiliki jarak yang cukup lebar untuk menggambarkan target geologi yang utama dari seismik 3D. Dimana *offset* maksimum sama dengan atau lebih besar dari kedalaman target ( $X_{max} \geq Z$ ). Untuk perlapisan batuan yang datar  $X_{max}$  sama dengan kedalaman target  $Z$  (Chaouch dan Mari, 2006).

### 3.7.3.2 *Offset* Terdekat Maksimum ( $X_{min}$ )

Di dalam desain *orthogonal* banyak pasangan *source-receiver* memiliki *midpoint* pada pusat *bin* dari suatu *box* (kotak). *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*.



**Gambar 28.** Ilustrasi *Offset* Terdekat Maksimum (Chaouch dan Mari, 2006)

$X_{min}$  pada desain *orthogonal*, *brick*, dan *zigzag* ditentukan dengan,

$$X_{min} = \sqrt{R_y^2 + S_x^2} \quad \dots(19)$$

Dimana:

$X_{min}$  : *Offset* minimum maksimum

$R_y$  : Jarak antara lintasan *receiver*

$S_x$  : Jarak antara lintasan *source*

Untuk lapisan batuan yang datar *offset* minimum maksimum harus lebih pendek dari kedalaman target terdangkal (Chaouch dan Mari, 2006).

### **3.7.4 Parameter Perekaman (*Recording Parameters*)**

Parameter perekaman secara esensinya berhubungan dengan panjang perekaman dan laju pencuplikan. Adapun parameter perekaman tersebut sebagai berikut:

#### **3.7.4.1 Panjang Perekaman (*Record Length*)**

Adalah lamanya merekam gelombang seismik yang ditentukan oleh kedalaman target. Apabila targetnya dalam maka diperlukan lama perekaman yang cukup agar gelombang yang masuk ke dalam setelah terpantul kembali dapat direkam di permukaan. Minimal satu detik dari target, namun pada umumnya dua kali kedalaman target dalam waktu (Sismanto, 1996).

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.



### 3.7.4.2 Laju Pencuplikan (*Sampling Rate*)

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*. Frekuensi *Nyquist* dihitung dengan persamaan,

$$f_q = \frac{1}{2\Delta t} \quad \dots(20)$$

Dimana:

$f_q$  : Frekuensi *Nyquist*

$\Delta t$  : Laju pencuplikan

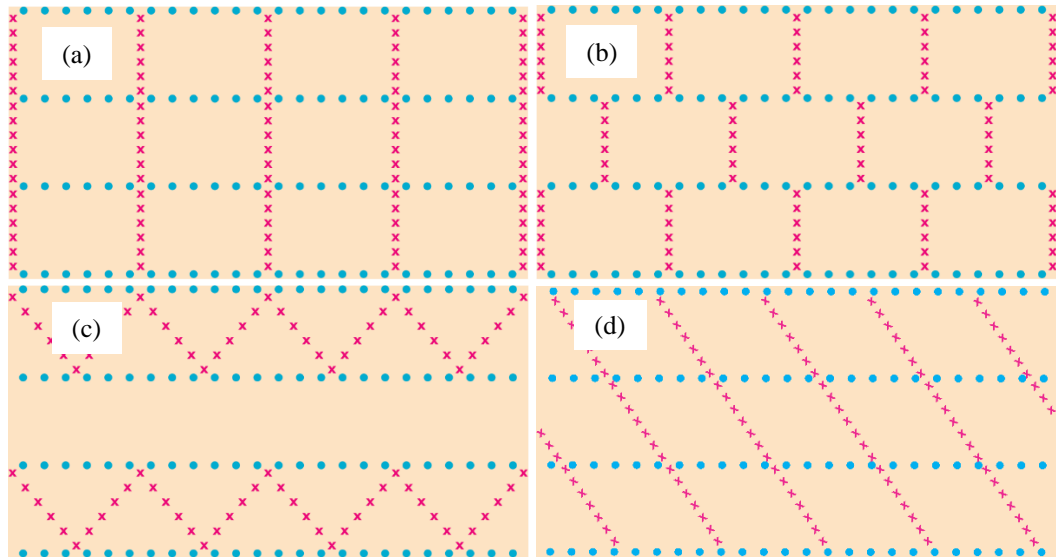
Sinyal yang memiliki kandungan frekuensi  $> f_q$  akan direkam dan direkonstruksi menjadi sinyal yang memiliki kandungan frekuensi yang rendah dari pada kandungan frekuensi sebenarnya atau disebut juga sebagai *aliasing* (Sismanto, 1996).

### 3.7.5 Parameter Lapangan (*Field Parameters*)

#### 3.7.5.1 Konfigurasi Bentangan (*Spread*)

Penentuan konfigurasi bentangan *receiver* dan *source* (Gambar 29) 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).



**Gambar 29.** Konfigurasi bentangan *geophone*, (a). *Orthogonal*, (b). *Brick*, (c). *Zigzag*, (d). *Slanted* (Ashton dkk, 1994)

### 3.7.5.2 Ukuran *Template*

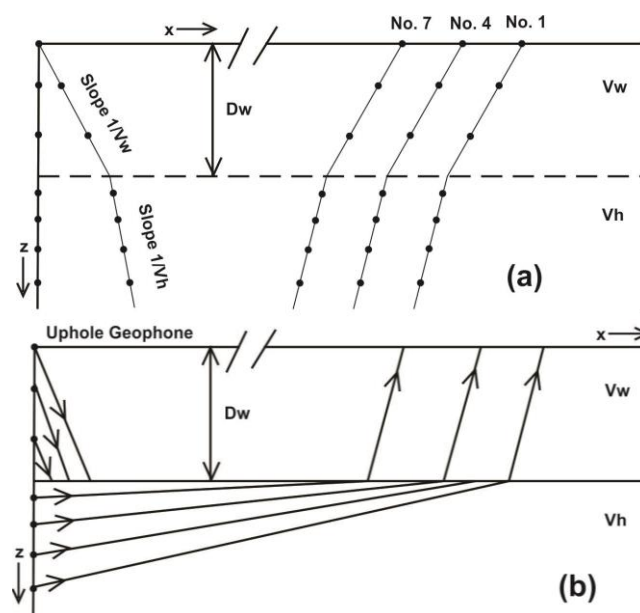
Pemisahan yang jelas antara survei dengan *template wide-azimuth* dan *template narrow-azimuth* dibuat berdasarkan aspek rasio dari *template* perekaman. Aspek rasio didefinisikan sebagai perbandingan dimensi *crossline* dengan dimensi *inline* pada *template*. *Template* perekaman dengan aspek rasio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

### 3.7.5.3 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).

### 3.7.5.4 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). Contoh *up hole survey* diberikan pada Gambar 30 berikut ini,



**Gambar 30.** *Up hole survey* untuk menentukan kedalaman lapisan lapuk (Sismanto, 1996)

### 3.8 Persamaan *Eikonal* dan *Ray Tracing*

*Ray tracing* (penjalaran 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). Persamaannya sebagai berikut:

$$\phi = A(\vec{x}) * e^{-i\omega T(\vec{x})} \quad \dots(21)$$

Dimana  $T(\vec{x})$  adalah faktor *phase*,  $A(\vec{x})$  adalah amplitudo lokal dan  $\omega = 2\pi f$  adalah frekuensi sudut gelombang.

Penyelesaian bagian sebenarnya dan anggapan frekuensi sudut besar ( $\omega \gg$ ) maka persamaan *Eikonal* dapat diterima sebagai berikut:

$$|\vec{\nabla} T(\vec{x})|^2 = \frac{1}{v(\vec{x})^2} \quad \dots(22)$$

Dimana  $T(\vec{x})$  = konstanta yang didefinisikan sebagai muka gelombang. Arah dari gelombang didefinisikan sebagai kenemerusan gradien faktor *phase*  $T(\vec{x})$ , dimana sama dengan kelambatan ruang  $\vec{p}$ , atau disebut dengan persamaan *ray tracing* pertama:

$$\vec{\nabla} T = \vec{p} \quad \dots(23)$$

Secara normal muka gelombang merupakan bentuk dari gelombang. Beberapa gelombang merupakan gambaran terkecil dari sinar gelombang  $ds$  yang diberikan berdasarkan persamaan berikut:

$$\frac{d\vec{x}}{ds} = \vec{\nabla} T * v(\vec{x}) = \vec{p} * v(\vec{x}) = unit\ vector \quad \dots(24)$$

Oleh sebab itu, persamaan *Eikonal* dapat ditransformasikan dari fungsi penjalaran waktu ke fungsi penjalaran sinar gelombang (persamaan *ray tracing* ke-dua):

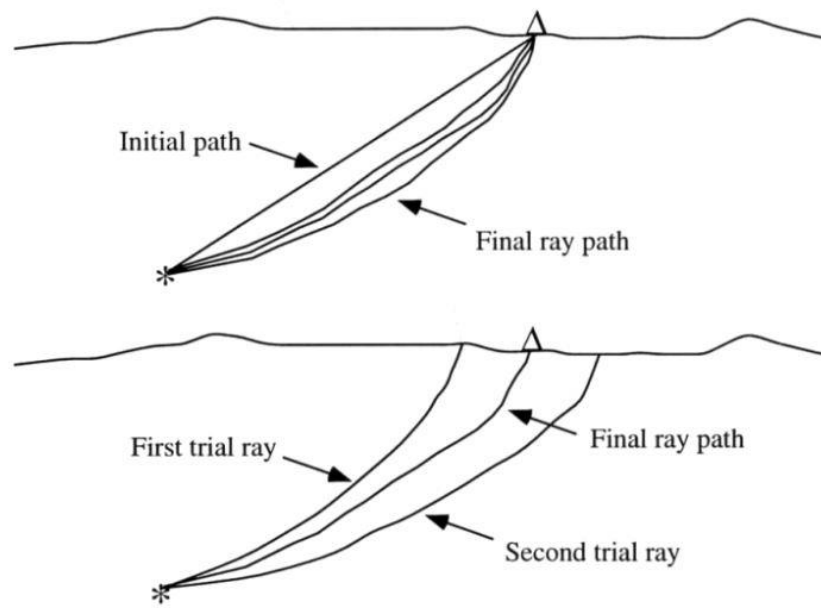
$$\frac{d\vec{p}}{ds} = \frac{d}{ds} \left( \frac{1}{v(\vec{x})} * \frac{d\vec{x}}{ds} \right) = \vec{\nabla} \left( \frac{1}{v(\vec{x})} \right) \quad \dots(25)$$

*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*. Seharusnya anggapan frekuensi tinggi dari persamaan *Eikonal* penjalaran gelombang tidak sah pada perubahan kecepatan yang tidak selaras. (Hole dalam Fuchsluger, 2011)

Menurut Yang 2003, ada dua jenis *ray tracing* dua titik (Gambar 31), keduanya merupakan metode *iterative nonlinear*.

1. Metode Tembakan (*Shooting Method*), yaitu penentuan awal akhir dari gelombang pada titik *source* dan kemudian gelombang dihitung dengan variasi sudut awal, sampai sinar gelombang menemukan receiver.
2. Metode Bengkokan (*Bending Method*), yaitu penentuan kedua akhir gelombang dan estimasi sinar gelombang pertama. Kemudian gelombang divariasikan panjangnya sampai gelombang sama dengan persamaan *ray tracing*.

Metode bengkokan lebih efisien dibandingkan dengan metode tembakan.



**Gambar 31.** Dua jenis metode *ray tracing*, (a). Metode *Shooting* dan (b). Metode *Bending* (Yang, 2003).

#### IV. METODE PENELITIAN

#### 4.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli 2017 sampai bulan November 2017 di Laboratorium Eksplorasi Teknik Geofisika Universitas Lampung dan Pertamina UTC. Adapaun susunan kegiatan penelitian diperlihatkan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Jadwal Penelitian**

[illegible]

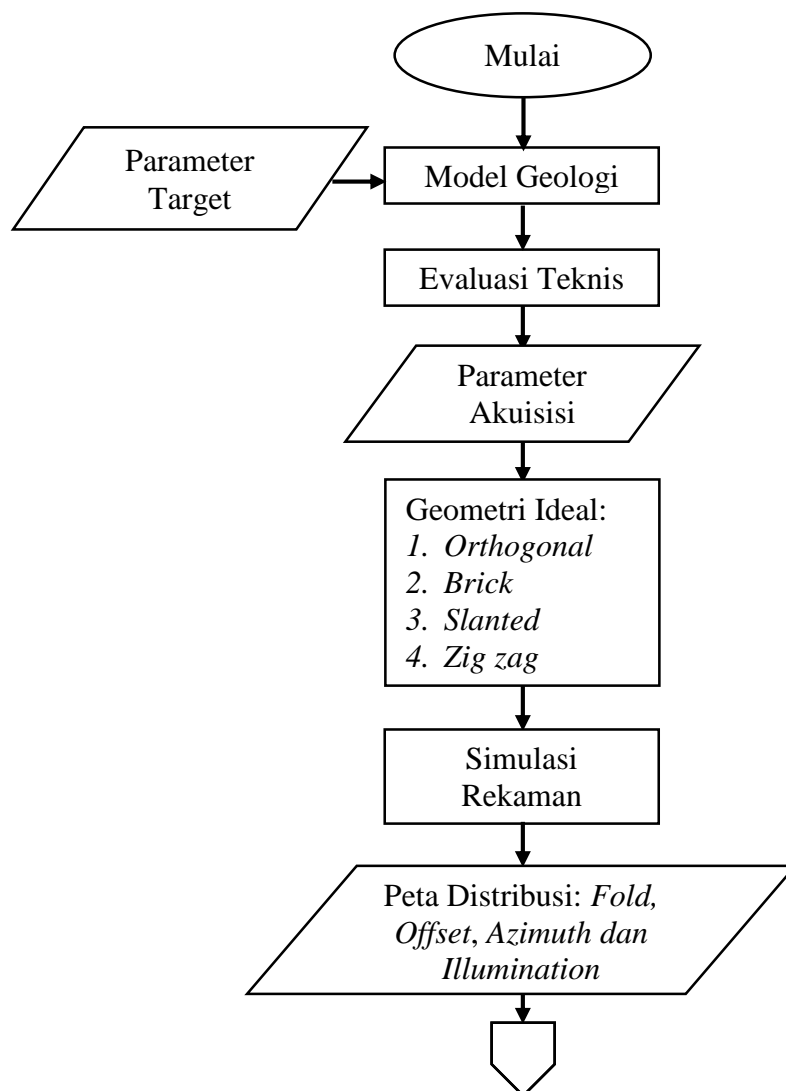
#### 4.2 Perangkat Penelitian

Adapun alat dan bahan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

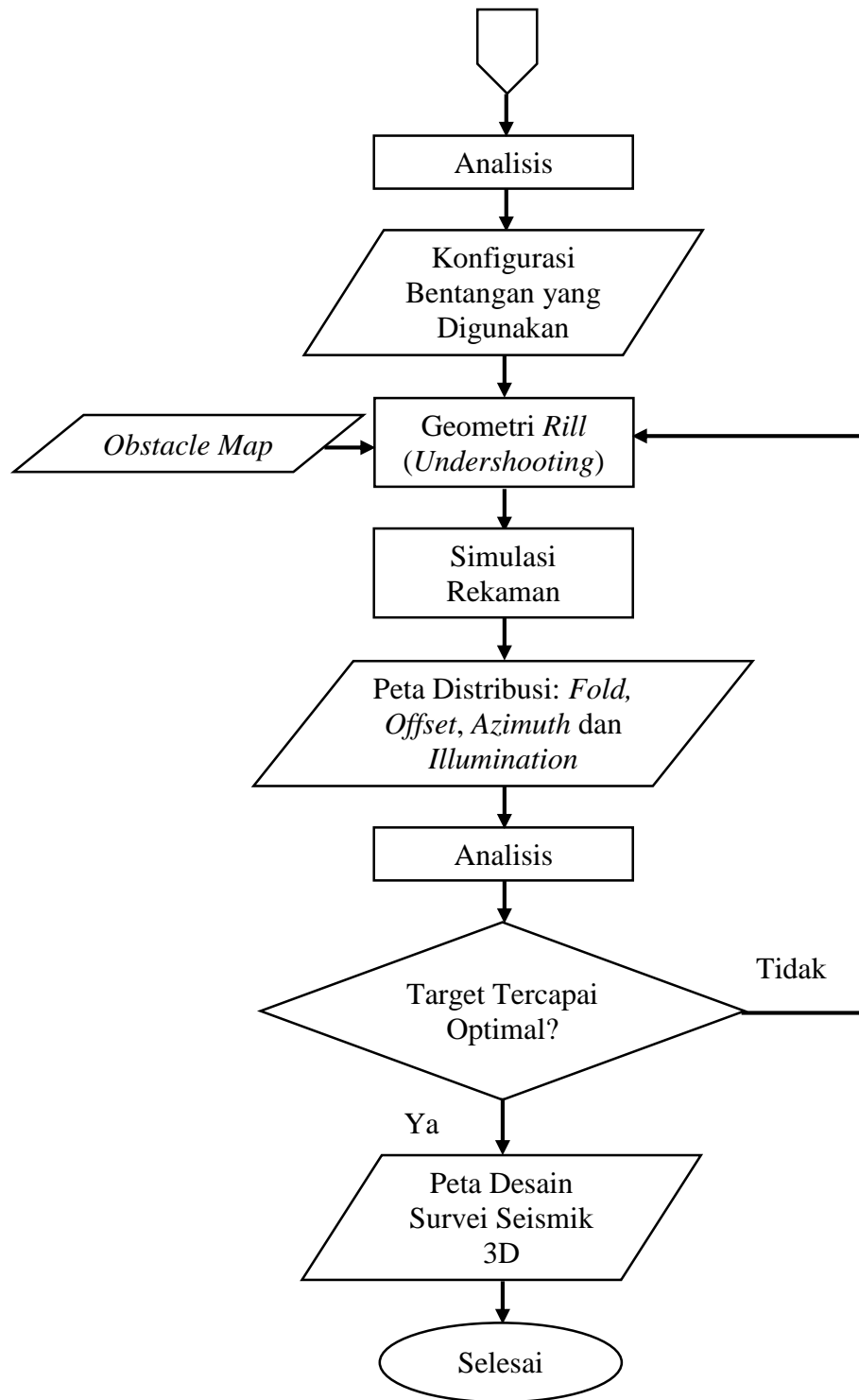
1. Laptop
2. *Software Omni 3D Design and Modelling v.12.00*
3. *Software Global Mapper v.15.00*
4. *Software ArcGIS v.10.1*

#### 4.3 Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 32 berikut:







**Gambar 32.** Diagram Alir Penelitian

#### **4.4 Prosedur Penelitian**

Adapun prosedur penelitian ini adalah sebagai berikut,

##### **4.4.1 Parameter Target dan Pemodelan 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 ( $V-P_i$  dan  $V-S_i$ ), densitas, frekuensi dominan, kedalaman dan struktur setiap perlapisan. Kemudian dari data parameter target tersebut dibuat model 3D geologinya, yang mana model 3D geologi tersebut dibuat berdasarkan interpolasi setiap horizon–horizon yang sama dari data parameter target tersebut.

##### **4.4.2 Evaluasi Teknis dan Penentuan Parameter Akuisisi**

Penentuan parameter akuisisi dilakukan untuk mendapatkan parameter akuisisi yang sesuai dengan target. Parameter akuisisi yang ditentukan berupa parameter geofisika dan *non*-geofisika dari survei seismik 3D tersebut. Parameter geofisika diperoleh dari evaluasi teknis parameter target berdasarkan data seismik sebelumnya. Sedangkan parameter *non*-geofisika diperoleh dari kondisi lingkungan, anggaran survei dan parameter *non*-teknis lainnya yang ada di lokasi survei. Dari penentuan parameter geofisika harapannya akan diperoleh penampang seismik 3D yang memiliki *S/N ratio* yang tinggi. Sedangkan dari pertimbangan parameter *non*-geofisika akan diperoleh rancangan dan anggaran survei yang lebih efektif dan efisien.

#### 4.4.3 Penentuan Konfigurasi Bentangan Ideal

Pada penentuan konfigurasi bentangan ideal ini menggunakan empat model konfigurasi yaitu *orthogonal*, *brick*, *zigzag* dan *slanted*. Keempat konfigurasi bentangan ini diterapkan dengan parameter geofisika yang sama namun perbedaannya terletak pada model bentangan rangkaian *geophone* yang diterapkan di lapangan. Sedangkan maksud dari konfigurasi bentangan ideal ini yaitu bentangan rangkaian *geophone* di lapangan yang belum memperhitungkan kendala atau halangan (*obstacle*) di lapangan. Kemudian dari keempat konfigurasi bentangan ini juga akan diterapkan dua model *template* yang berbeda yaitu *template narrow* dan *wide azimuth*.

#### 4.4.4 Simulasi Rekaman Konfigurasi Bentangan Ideal

Hasil dari keempat konfigurasi bentangan ideal tersebut selanjutnya akan dilakukan simulasi rekaman. Simulasi rekaman ini bertujuan untuk melihat hasil kualitas data seismik 3D berdasarkan parameter akuisisi yang diterapkan. Simulasi rekaman yang dilakukan, yaitu simulasi distribusi *fold*, *offset* dan *azimuth* dan analisis *illumination* (*fold migrated*).

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

Kemudian hasil simulasi rekaman tersebut dilakukan analisis agar dapat mengetahui konfigurasi bentangan yang akan diterapkan. Konfigurasi bentangan yang diterapkan berdasarkan hasil analisis yang dilakukan yaitu memiliki kualitas data yang bagus (*S/N ratio* yang tinggi), dapat menggambarkan target dan memiliki anggaran survei yang efisien. Selanjutnya dari analisis ini akan ditentukan satu

konfigurasi dan *template* yang akan dipilih untuk selanjutnya diterapkan pada lapangan survei.

#### **4.4.6 Penentuan Konfigurasi Bentangan *Rill***

Penentuan konfigurasi bentangan *rill* merupakan tahapan lanjutan setelah diperoleh satu konfigurasi yang akan diterapkan di lapangan berdasarkan konfigurasi bentangan yang telah dipilih sebelumnya. Sama halnya dengan penentuan konfigurasi bentangan ideal, pada penentuan konfigurasi bentangan *rill* perbedaannya yaitu konfigurasi bentangan ini telah diasosiasikan dengan kondisi atau halangan (*obstacle*) di lapangan yang sesungguhnya. Dimana halangan tersebut dapat berupa jalan, perumahan, pabrik, jalur sungai dan halangan lainnya yang berada di area survei. Teknik yang dilakukan untuk penentuan konfigurasi bentangan *rill* ini yaitu teknik *undershooting*, dimana teknik ini berdasarkan pemindahan titik *source* secara *offset* terhadap *obstacle*. Perlu dipertimbangkan bahwa pemindahan titik *source* harus seoptimal mungkin agar tetap menghasilkan kualitas data yang tinggi.

#### **4.4.7 Simulasi Rekaman Konfigurasi Bentangan *Rill***

Setelah konfigurasi bentangan *rill* diterapkan maka selanjutnya akan dilakukan simulasi rekaman kembali untuk melihat kualitas data yang dihasilkan, apakah hasil simulasi tersebut telah mencapai target atau jauh dari target. Simulasi rekaman yang dilakukan juga sama dengan simulasi rekaman konfigurasi bentangan ideal sebelumnya yaitu simulasi distribusi *fold*, *offset* dan *azimuth* dan analisis *illumination (fold migrated)*.

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

Selanjutnya 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* kembali sampai seoptimal mungkin diperoleh kualitas data yang bagus dan tetap mencapai target sasaran. Setelah memperoleh konfigurasi bentangan yang optimal maka tahapan ini dapat disimpulkan dan dapat dibuat peta desain survei seismik 3D pada Lapangan RL tersebut.

## VI. 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 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

- Abdullah, A. 2011. *E-Book Ensiklopedia Seismik*. [www.ensiklopediaseismik.blogspot.com](http://www.ensiklopediaseismik.blogspot.com).
- 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.
- Everett, M. E. 2013. *Near Surface Applied Geophysics*. Cambridge University Press. New York.
- 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.



Shiame, R. 2007. *Pengolahan Data Seismik Refleksi 2D dengan Software proMAX 2003.3.3*. UNHAS. Makasar.

Sismanto. 1996. *Akuisisi dan Pengolahan Data Seismik*. UGM. Yogyakarta.

SM-IATMIUNDIP. 2011. *Basic Petroleum System*. <https://smiatmiundip.wordpress.com/2011/05/01/basic-petroleum-system.html>. Diakses pada tanggal 28 Agustus 2017.

Thomburg, H. R. 1930. Wavefront Diagram in Seismic Interpretation. *American Association of Petroleum Geologists. Bull. Vol. 14*.

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.

Yilmaz, O. 1987. *Seismic Data Processing*. Society of Exploration Geophysicists. Tulsa.

Yilmaz, O. 2001. *Seismic Data Analysis*. Society of Exploration Geophysicists. Tulsa.