

# Imaging Subsurface Menggunakan Metode Crs: Study Kasus pada Steep Dip Reflector dan Data Low Fold

Khusna Indria Rukmana, Eko Minarto

Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: minarto@physics.its.ac.id

**Abstrak**—Metode CRS (*Common Reflection Surface*) merupakan salah satu metode imaging subsurface untuk mendapatkan penampang bawah permukaan yang sesuai dengan kondisi lapangan. Tujuan dilakukan penelitian ini untuk mendapatkan hasil imaging subsurface yang optimal dan mendapatkan hasil migrasi penampang seismik secara konvensional maupun melalui hasil CRS stack. Pada metode konvensional dilakukan analisa kecepatan yang akan membentuk model kecepatan untuk penampang seismik tersebut. Untuk metode CRS sendiri tidak bergantung pada model kecepatan, akan tetapi bergantung pada atribut CRS itu sendiri yakni  $R_N$ ,  $R_{NP}$  dan  $\alpha$ . Pada penelitian ini dilakukan dengan tahap pencarian Automatic CMP-Stack, pencarian Fresnel Zone dan Zero Offset, Atribut CRS dan dilakukan proses migrasi domain waktu. Penentuan Fresnel Zone dan Zero Offset ini bergantung dengan nilai *aperture*, yang mana nilai optimal dari *aperture* tersebut adalah 400-5000m. Hasil dari penelitian ini memperlihatkan bahwa stack CRS mampu memberikan gambaran reflektor yang lebih *continue* dibandingkan dengan hasil stack konvensional. Selain itu metode CRS ini mampu mengatasi masalah terkait data yang memiliki *fold coverage* rendah dan kemiringan reflektor yang tajam, yang ditunjukkan dengan adanya kemenerusan reflektor.

**Kata Kunci**—*Aperture*, *CMP*, *Fold Coverage*, *Migrasi*, *Stack*.

## I. PENDAHULUAN

Untuk mendapatkan hasil penampang bawah permukaan yang lebih maksimal dapat dilakukan dengan meningkatkan resolusi data pada tahap processing dengan didukung adanya data geofisika, geologi regional daerah tersebut dan data yang lainnya. Sehingga dengan demikian diperoleh informasi terkait lapisan bawah permukaan bumi secara akurat dan proses interpretasinya akan sesuai dengan kondisi lapangan yang ada serta akan lebih mempermudah dalam proses eksplorasi.

Dalam tahapan processing data seismik mempunyai beberapa step yakni *preprocessing*, *stacking*, dan migrasi. Untuk mendapatkan hasil stacking tersebut terdapat beberapa metode antara lain adalah metode *Common Mid Point* (CMP) dan metode *Common Reflection Surface* (CRS)[1]. Metode CMP ini lebih dikenal dengan istilah metode konvensional. Pada metode CMP ini *trace-trace* seismik digolongkan berdasarkan CMP *gather*. Sedangkan pada metode CRS ini dilakukan dengan menggunakan menggunakan data *multicoverage* lebih banyak, pada metode ini dilakukan *stacking* berdasarkan titik refleksi pada daerah *Common*

*Reflection Surface*[2].

Dalam penelitian ini digunakan perbandingan antara hasil penggunaan stacking konvensional dan stacking CRS. CRS Stack adalah simulasi Zero-Offset terbaru pada seismik processing, model baru yang mempengaruhi metode citra seismik. Pada metode ini tidak dibutuhkan model macro velocity sehingga tidak memerlukan kecepatan analisis, hanya dibutuhkan kecepatan lapisan permukaan. Pada metode ini penampang Zero Offset didapatkan dari data seismik *multicoverage* [3].

### A. Pengolahan Data Seismik Konvensional

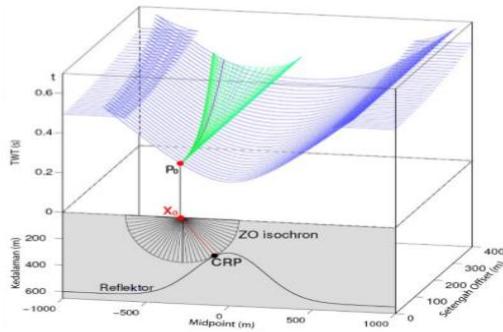
Metode konvensional dalam *seismic processing* merupakan metode yang memerlukan proses analisa kecepatan, koreksi NMO, stacking dan proses migrasi. Hasil citra penampang seismik pengolahan data seismik konvensional ini akan bergantung pada proses-proses tersebut [4].

Analisa kecepatan sangat merupakan tahapan yang penting dalam *seismic processing* konvensional yang digunakan untuk mendapatkan nilai kecepatan sesuai dengan kondisi horizon permukaan yang sebenarnya. Penentuan nilai kecepatan pada proses analisa kecepatan akan mempengaruhi koreksi NMO. Persamaan koreksi NMO untuk kasus medium sederhana, fungsi *traveltime* dari source di permukaan reflektor lalu ke geophone adalah sebagai berikut:

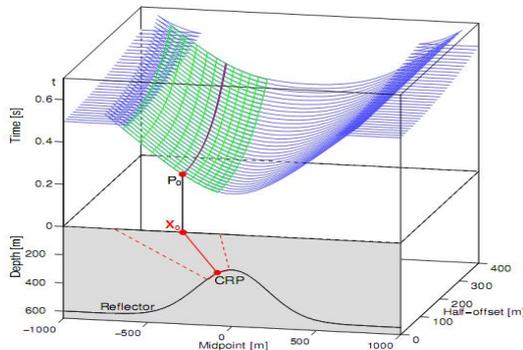
$$t^2(h) = t_0^2 + \frac{4h^2}{V_{NMO}^2} \quad (1)$$

### B. Metode CRS

Berbeda halnya dengan metode konvensional, dimana pada metode ini digunakan semua data *multicoverage*, hal ini berarti bahwa menggunakan lebih banyak *gather* dalam proses stackingnya. Metode ini memiliki banyak kelebihan jika dibandingkan dengan metode konvensional, metode ini mampu menghasilkan citra penampang Zero Offset yang lebih tajam dan didapatkan berbagai atribut dari hasil metode ini. Manfaat atribut tersebut adalah digunakan untuk membuat model kecepatan berdasarkan inversi tomografi. Metode CRS Stack ini sangat cocok untuk kasus lapisan mirirng yang berbentuk melengkung, atau pada kasus medium yang tidak homogen, koreksi ini cukup baik untuk mengatasi hal tersebut [6].



**Gambar 1.** Permukaan stacking NMO/DMO



**Gambar 2.** Permukaan stacking CRS

Gambar 1 ini merupakan gambaran pengambilan lintasan metode konvensional stack. Pada gambar 1 terlihat daerah yang berwarna hijau yang digunakan untuk melakukan stack, yang mana akan ditarik satu titik pusat yakni pada  $P_0$ . Lintasan yang berwarna merah yang melewati titik  $P_0$  merupakan lintasan common reflection point (CRP) dari titik CRP pada reflektor. Lintasan CRP inilah yang digunakan untuk menjadi area proses stack untuk metode konvensional. Perpotongan operator DMO dengan common offset yang berwarna biru merupakan lintasan CRP yang berwarna merah. Sehingga titik yang diambil dalam proses stacking ( $P_0$ ) didapatkan dari cara menjumlahkan amplitudo sepanjang lintasan yang berwarna merah, untuk metode konvensional [7].

Untuk metode CRS, CRS menggunakan fungsi volume data multicoverage selama proses pelaksanaan metode tersebut. Sehingga bisa diketahui bahwa pada gambar 2 terlihat daerah yang berwarna garis merah merupakan garis yang digunakan untuk penjumlahan amplitudo pada daerah tersebut yang akhirnya menjadi daerah stacking CRS, yang mana daerah penjumlahan amplitudo merupakan luasan daerah tersebut bukan hanya berupa lintasan satu garis saja, yakni sepanjang area hijau juga. CRS Stack surface digambarkan dengan daerah yang berwarna hijau. Hasil stacking tersebut akan terkumpul pada titik  $P_0$  [7].

Metode CRS dilengkapi dengan atribut-atribut yang menyertainya. Atribut CRS merupakan operator CRS stack seismik 2D yang merupakan fungsi dari tiga atribut kinematik wavefield. Tiga atribut kinematik wavefield tersebut adalah  $R_{NIP}$ ,  $R_N$ , dan  $\alpha$ .  $R_{NIP}$  merupakan radius kelengkungan gelombang Normal Incidence Point.  $R_N$  merupakan radius kelengkungan gelombang normal, dan  $\alpha$  adalah sudut antara sinar ZO dengan bidang normal [2]. Atribut seismik pada CRS stack diterangkan melalui eksperimen teoritik. Kedua eksperimen ini disebut dengan eigenwave, yakni masing-masing muka

gelombang sebelum dan sesudah refleksi pada titik yang dicari sama, kecuali dari perambatannya [4].

Untuk mendapatkan persamaan matematis terkait dengan waktu tempuh CRS digunakan pendekatan teori sinar paraksial. Menurut teori ini terdapat hubungan linear antara sinar utama (central ray) dan sinar sekitar (paraxial ray) [9]. Berdasarkan teori sinar paraksial tersebut, maka dapat diturunkan persamaan waktu tempuh untuk CRS dengan menggunakan ekspansi Taylor orde dua. Ekspansi Taylor  $t$ , merupakan pendekatan waktu tempuh CRS parabolik, secara matematis persamaan tersebut adalah sebagai berikut :

$$t_{hyp}^2(x_m, h) = \left[ t_0 + \frac{2s \sin \alpha}{v_0} (x_m - x_0) \right]^2 + \frac{2t_0 \cos^2 \alpha}{v_0} \left[ \frac{(x_m - x_0)^2}{R_N} + \frac{h^2}{R_{NIP}} \right] \quad (2)$$

### C. Migrasi

Migrasi adalah proses pengolahan data seismik yang bertujuan untuk memetakan event-event seismik pada posisi yang sebenarnya berdasarkan lintasan gelombang. Penampang seismik hasil *stack* belum mencerminkan posisi yang sebenarnya, karena rekaman *normal incident* belum tentu tegak lurus terhadap bidang permukaan, terutama untuk bidang yang berreflektor miring. Selain itu, migrasi juga menghilangkan pengaruh difraksi gelombang yang muncul akibat adanya struktur-struktur bawah permukaan seperti patahan ataupun antiklin, sinklin [5].

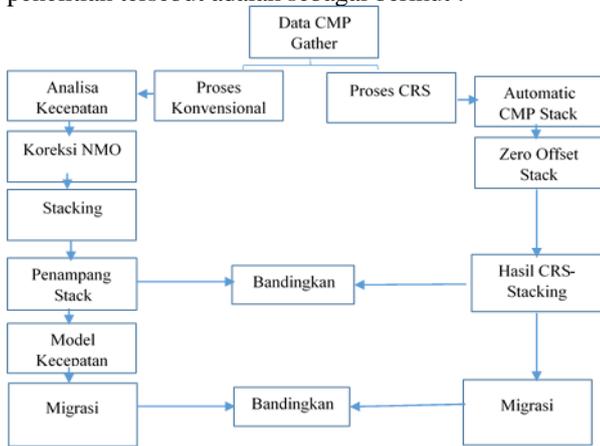
## II. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan dua metode untuk mendapatkan hasil stacking maupun migrasi. Yakni metode konvensional dan metode CRS. Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data darat 2D dari lapangan yang berupa data CMP Gather. Data yang digunakan pada penelitian ini telah dilakukan proses preprocessing. Perangkat yang digunakan untuk penelitian ini meliputi perangkat keras yang terdiri dari 2 layar monitor 24 inch dan CPU, sedangkan perangkat lunak yang digunakan adalah Omega 2015 untuk pengolahan data seismik, Seismik Unix, dan software Tomodepth yang digunakan untuk mencari atribut CRS.

Proses penelitian yang dilakukan adalah dilakukan metode konvensional dan metode CRS. Metode konvensional yang dilakukan adalah melakukan analisa kecepatan, kemudian dilakukan koreksi NMO. Dari hasil kecepatan yang diperoleh maka kecepatan tersebut dilakukan sebagai kecepatan input untuk proses stacking, sehingga didapatkan penampang stack yang sesuai dengan kondisi bawah permukaan. Setelah proses stacking maka dilakukan proses migrasi yakni dengan menggunakan migrasi domain waktu (PSTM).

Sedangkan untuk proses CRS yakni data yang sudah mengalami preprocessing diproses untuk dilanjutkan proses Automatic CMP Stack sehingga didapatkan hasil stack dan atribut CRS berupa *emergence angle* dan  $R_N$ . Setelah itu dilakukan proses Zero Offset Stack sehingga didapatkan atribut lengkap CRS *emergence angle* dan  $R_N$  dan  $R_{NIP}$  serta didapatkan daerah *fresnel zone*. Hasil Stacking yang didapatkan tersebut kemudian dilakukan proses migrasi. Dari proses konvensional maupun proses CRS didapatkan hasil stacking dan migrasi, kedua hasil

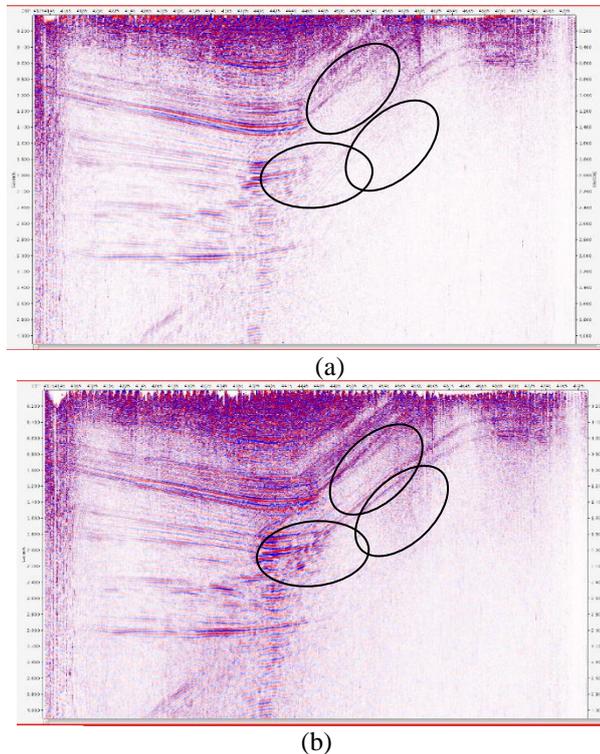
tersebut kemudian dibandingkan. Secara garis besar alur penelitian tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 3. Diagram alir penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari proses pengolahan data yang dilakukan maka didapatkan hasil yang terbaik dengan nilai parameter yang telah sesuai dengan tes parameter yang dilakukan. Parameter CRS yang terbaik adalah dengan menggunakan aperture 400m-5000m, kecepatan permukaan 1500m/s. Hasil dari penelitian tersebut adalah :



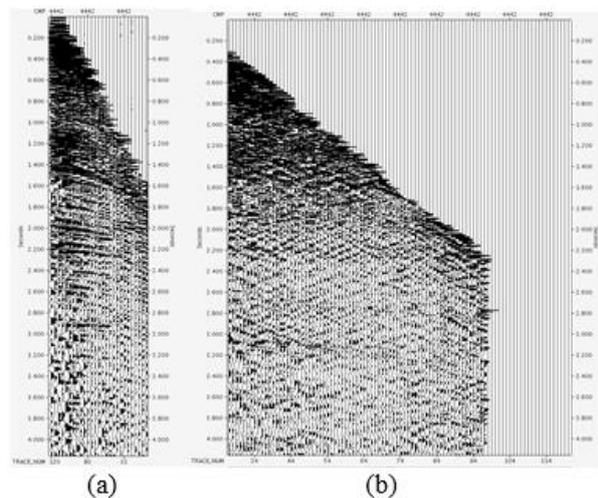
Gambar 4. Hasil penampang stack (a) Konvensional stack (b) CRS stack

Pada gambar 4(b) diketahui bahwa kemenerusan reflektor lebih terlihat jelas seperti pada daerah yang dilingkari tersebut, event adanya reflektor terlihat secara detail. Terdapat tiga titik pembeda yang sangat terlihat jelas antara hasil stack konvensional dan stack CRS, perbedaan tersebut terletak pada daerah yang dilingkari. Pada daerah yang dilingkari pada gambar 4(b) bagian-bagian reflektor lebih terlihat jelas kemenerusannya. Sedangkan pada gambar 4(a) yang merupakan hasil stack konvensional terdapat bagian reflektor yang kurang jelas kemenerusannya dan kontinuitas dari reflektor tidak

terlihat. Jika dilihat pada hasil CRS maka dapat diketahui bahwa daerah penampang seismik tersebut mempunyai kemiringan yang curam. Dalam hal ini terlihat bahwa hasil stack CRS mampu menggambarkan reflektor dengan kemiringan tajam, berbeda halnya dengan stack konvensional. Stack CRS mampu mengcover daerah yang mempunyai kemiringan tajam sehingga kontinuitas reflektor terlihat dengan jelas.

Dari informasi data akuisisi yang diperoleh, data yang digunakan ini mempunyai *fold coverage* yang rendah. *Fold coverage* ini merupakan jumlah titik pantulan di bawah permukaan yang mengenai suatu reflektor. Dimana semakin banyak jumlah titik pantulan pada reflektor tersebut maka akan didapatkan kualitas data semakin bagus yang bagus dalam hal ini terkait dengan kemenerusan reflektor dan kondisi sinyal terhadap *noise*. Jika data titik *fold coverage* yang diberikan semakin banyak maka hasil *stack* yang didapatkan semakin bersih dari *noise* dan jika data *fold coverage* yang diberikan hanya sedikit hasil *stack* penampangnya mempunyai rasio sinyal terhadap *noise* yang rendah. *Fold coverage* ini merupakan bagian yang penting saat dilakukan proses *stacking* saat pengolahan data seismik. Dengan data *fold coverage* yang rendah ini ternyata setelah dilakukan proses CRS *stack* mampu menggambarkan penampang *stack* yang optimal jika dibandingkan dengan *stack* konvensional. Dengan kata lain bahwa metode CRS ini dianggap mampu mengatasi masalah penggambaran penampang seismik dengan data *fold coverage* yang rendah. Karena dalam metode CRS ini memanfaatkan informasi disekitar titik CMP.

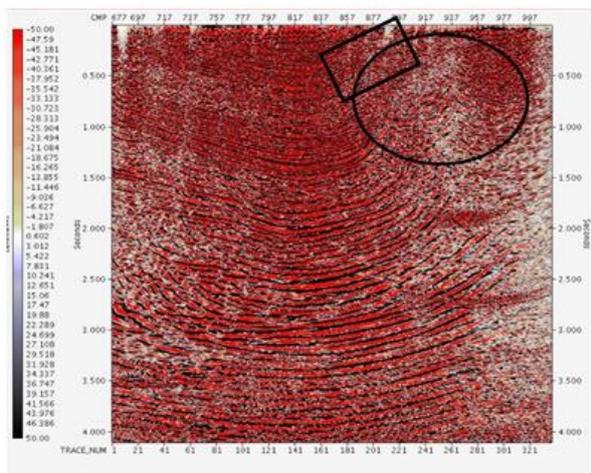
Metode CRS *stack* ini lebih memberikan citra penampang yang sesuai dengan reflektor yang ada. Metode CRS ini merupakan suatu metode untuk mendapatkan penampang *stack* pada data seismik, dimana pada metode ini bebas dari model kecepatan. Kecepatan yang diperlukan hanyalah kecepatan permukaan sehingga tidak perlu dilakukan adanya analisa kecepatan seperti halnya pada pengolahan data konvensional. Hasil yang didapatkan pada metode CRS *Stack* mendapatkan penampang seismik yang memiliki kemenerusan lebih *continue* hal ini disebabkan karena pada proses CRS *stack* ini juga melibatkan lebih banyak data *trace* seismik yang digunakan daripada saat menggunakan metode konvensional *Stack*. Hal ini dibuktikan dengan gather berikut ini:



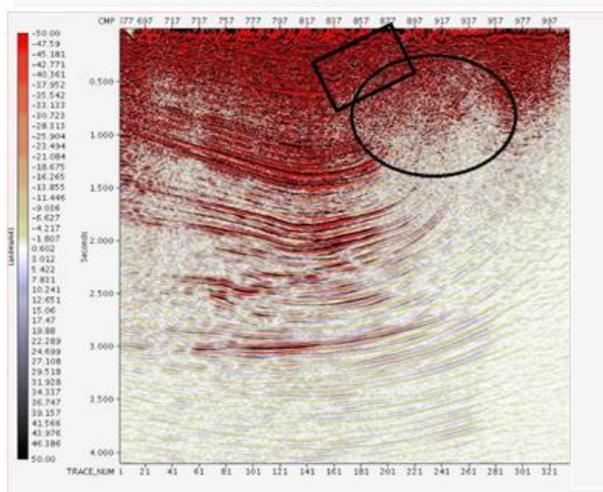
Gambar 5. Hasil gather (a) konvensional gather seismik (b) CRS supergather

Pada kedua gambar tersebut mengandung informasi trace seismik, akan tetapi pada gambar 5(a) merupakan trace seismik konvensional pada CMP 4415 yang mempunyai trace seismik lebih sedikit jika dibandingkan dengan trace seismik pada CRS. Dengan adanya trace yang banyak ini membantu dalam memberikan lebih banyak informasi terkait kondisi penampang seismik sehingga didapatkan reflektor pada stack CRS lebih terlihat continue dibandingkan dengan hasil konvensional. Hal inilah yang membantu mengcover sehingga data yang mempunyai *fold coverage* rendah bisa menghasilkan stack yang bagus. Banyaknya trace pada CRS supergather ini bergantung pada aperture yang diberikan saat penentuan lebar *Fresnel Zone*, karena aperture itu sendiri mempengaruhi jumlah banyak atau sedikitnya CMP disekitar titik refleksi yang terlibat dalam proses CRS stacking.

Untuk mendapatkan posisi reflektor yang sesuai dengan kondisi lapangan maka dilakukan proses migrasi. Dalam hal ini dilakukan proses Post Stack Time Migration karena telah didapatkan hasil stack dari masing-masing proses yakni proses konvensional stack dan CRS stack. Hasil dari proses migrasi tersebut adalah sebagai berikut:



(a)



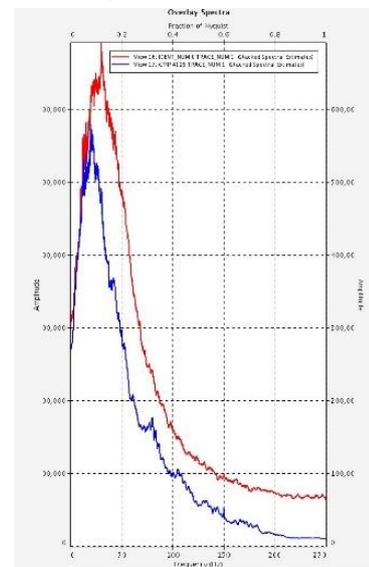
(b)

**Gambar 6.** Hasil Migrasi (a) Konvensional (b) CRS

Pada hasil migrasi konvensional didapati banyak noise. Selain terdapat banyak noise event adanya reflektor hanya tergambar secara samar-samar, terlihat pada daerah yang diberi tanda kotak dan daerah yang dilingkari tersebut. Sedangkan hasil dari migrasi CRS

posisi reflektor lebih terlihat jelas dan lebih tegas kondisi reflektor yang tergambar. Pada gambar 6 pada daerah yang diberi tanda kotak dan lingkaran merupakan reflektor yang dianggap mempunyai kemiringan tajam. Dari hasil migrasi yang telah dilakukan diketahui bahwa hasil dari migrasi CRS mampu meningkatkan rasio sinyal terhadap noise, terlihat bahwa hasil CRS lebih bersih jika dibandingkan dengan hasil migrasi konvensional. Dan untuk bentuk reflektor yang tertera pada hasil penampang seismik lebih jelas. Migrasi CRS yang menunjukkan hasil citra penampang yang lebih baik dibandingkan dengan hasil migrasi konvensional ini dikarenakan pada metode CRS mengalami koreksi kemiringan dan kelengkungan sehingga pada saat diaplikasikan metode CRS pada data tersebut maka adanya reflektor yang mempunyai kemiringan tajam dan melengkung mampu diselesaikan dengan metode ini. Sedangkan pada metode konvensional hanya terdapat koreksi NMO saja, sehingga reflektor yang mempunyai tajam tidak bisa tergambar dengan baik.

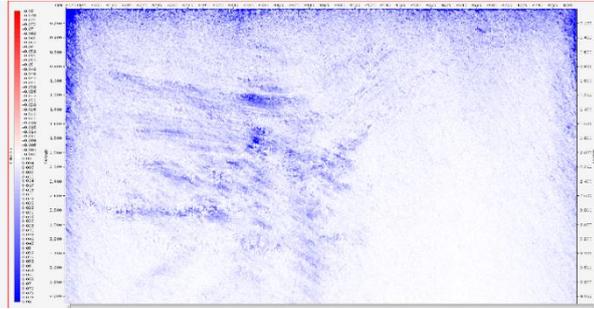
Untuk melihat perbedaan spektrum frekuensi antara migrasi konvensional dan migrasi CRS maka bisa dilakukan overlay pada keduanya. Hasil dari *overlay* tersebut adalah sebagai berikut:



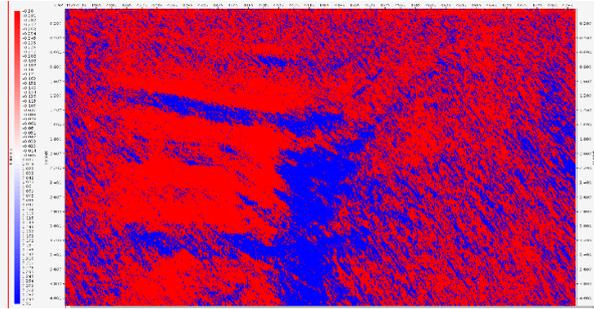
**Gambar 7.** Overlay spektrum frekuensi migrasi CRS dan migrasi konvensional

Pada gambar 7 garis merah menunjukkan grafik spektrum frekuensi untuk hasil CRS sedangkan warna biru merupakan grafik spektrum frekuensi untuk hasil konvensional. Pada hasil overlay spektrum frekuensi migrasi CRS dan migrasi konvensional seperti pada gambar 7 diatas menunjukkan bahwa pada hasil migrasi CRS mempunyai amplitudo lebih besar dibandingkan dengan amplitudo migrasi konvensional. Akan tetapi secara frekuensi hasil migrasi CRS dan migrasi konvensional memiliki frekuensi yang sama. Hal ini terjadi karena pada metode CRS menggunakan lebih banyak trace seismik pada *Freshne Zone*. Selain itu dikarenakan adanya pengurangan noise yang terjadi pada migrasi CRS.

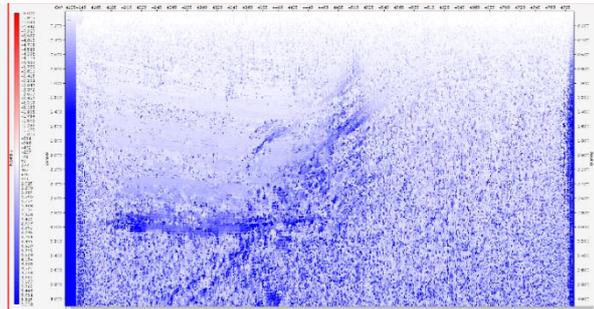
Selain dalam bentuk stack dan hasil migrasi yang membedakan antara metode CRS dan konvensional adalah parameter yang didapatkan yakni parameter  $R_N$ ,  $R_{NIP}$ ,  $\alpha$ .



**Gambar 8.** Hasil parameter *emergency angle*



**Gambar 9.** Parameter hasil  $R_N$



**Gambar 10.** Parameter hasil  $R_{NIP}$

Parameter  $R_N$ ,  $R_{NIP}$ ,  $\alpha$  merupakan parameter menyimpan informasi terkait dengan posisi kemiringan ataupun kelengkungan dari reflektor. Sudut kritis ( $\alpha$ ) parameter CRS yang berhubungan dengan kemiringan (*dip*) dari event refleksi. Sedangkan  $R_N$  dan  $R_{NIP}$  mencerminkan kelengkungan dan pola difraksi pada penampang seismik tersebut.

#### IV. KESIMPULAN

Dari hasil dan diskusi yang dipaparkan maka pada penelitian ini terdapat beberapa hal yang dapat disimpulkan, yakni sebagai berikut:

1. Parameter CRS untuk mendapatkan Fresnel Zone yang paling optimal adalah saat digunakan maksimum aperture 5000 dan minimum aperture 400

2. Dengan metode CRS mampu mengatasi masalah *fold coverage* yang rendah dan kemiringan reflektor yang curam sehingga didapatkan penampang stack yang lebih *continue*.
3. Hasil migrasi Pre-Stack Time Migration dengan menggunakan stack hasil CRS menghasilkan penampang yang memiliki rasio sinyal terhadap noise yang lebih baik.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dosen pembimbing saya Bapak Dr.rer.nat Eko Minarto yang telah membimbing dan memberikan arahan kepada saya. Dan saya ucapkan terimakasih kepada pihak PT.Pertamina UTC yang telah menyediakan fasilitas kepada penulis untuk melakukan penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zhang, Yonghai, Stefen Bergler, Peter Hubral, 2001, "Common-Reflection Surface (CRS) for Common Offset", Journal of European Association of Geoscientist & Engineering
- [2] Olivia, PC, Carlos, dkk, 2005, "2D ZO CRS Stack by Considering an Acquisition Line with Smooth Topography", Brazil, Journal of Geophysics
- [3] Yudiana, B, T.B Nainggaton, N.D Ardi, 2014, "Analisis Penampang CRS pada Data Seismik 2D Multichannel di perairan Utara Papua", Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (PPGL).
- [4] Heilman, Zeno, 2007, "CRS-Stack-Based Seismic Reflection Imaging for land data in time and depth domains", Hamburg, University Karlsruhe.
- [5] Yilmas, Osdoger, 2001, "Seismic Data Analisis Volume 1&2", Society of Exploration Geophysicist, Tulsa
- [6] Jager, Rainer, 1999, "The Common-Reflection-Surface Stack Theory And Application", Hamburg, University Karlsruhe.
- [7] Muller, T, Jager, 1998, "Common Reflection Surface Stacking Method- Imaging within unknown velocity model", German, SEG Technical Program