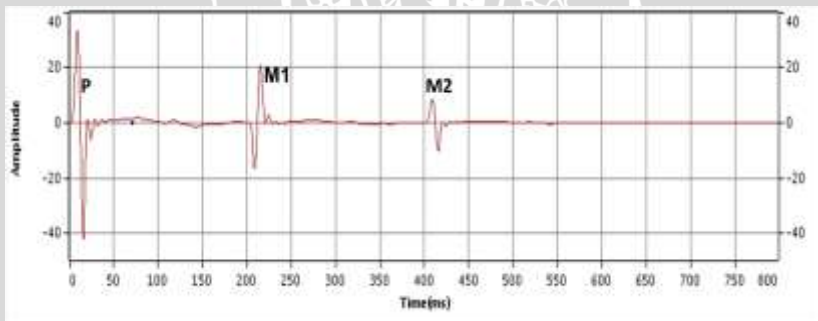


BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data

4.1.1 Model Sintetik 1

Gambar 4.1 merupakan model sintetik 1 yang terdiri dari satu *trace* yang terdapat primer serta multipel orde pertama dan orde kedua. Model ini dibuat secara sederhana menggunakan *subsoftware* Omega yakni *Seismic Wavelet Processor*. Model ini dibuat dengan tujuan melihat pengaruh dekonvolusi prediktif pada sebuah *trace* dalam mereduksi multipel. Informasi yang diberikan oleh model sintetik 1 adalah besarnya amplitudo gelombang serta waktu tempuh gelombang yang diterima oleh *receiver*. Primer dianggap berada pada 0 ms sedangkan multipel orde pertama dan multipel orde kedua berturut-turut berada pada 200 ms dan 400 ms. Panjangnya *trace* adalah 800 ms.

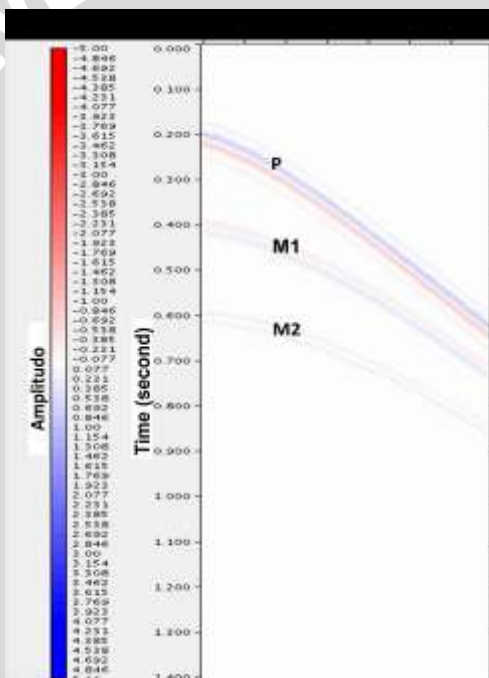


Gambar 4. 1 Model sintetik 1 yang terdapat primer, multipel orde pertama dan multipel orde kedua.

4.1.2 Model Sintetik 2

Gambar 4.2 merupakan model sintetik 2 merupakan model sederhana yang berupa *shot gather* (domain *time-offset*). Model ini menggambarkan suatu primer dan multipelnya dalam orde pertama dan orde kedua. Primer berada pada *time* 200 ms sedangkan multipel pertama dan kedua berurutan terletak pada *time* 400 ms dan 600 ms. Kedua metode yang diteliti yaitu dekonvolusi dalam domain $t - x$ dan dekonvolusi $\tau - p$ linear juga diterapkan pada model sintetik ini sehingga nantinya dapat dilihat perbedaan keduanya dalam pereduksian multipel pada model sintetik 2 ini. Model sintetik 2

dibuat hanya untuk melihat secara sederhana proses terjadinya dekonvolusi pada data yang memiliki *moveout* hiperbolik dengan suatu kecepatan yang diterapkan untuk membentuk *event* tertentu tanpa memenuhi seluruh kaidah data seismik lapangan. *Offset* yang diterapkan untuk model sintetik 2 ini sebesar 1000 m. Data ini masih belum menyamai kondisi data sebenarnya secara persis dikarenakan kemampuan *software* yang digunakan untuk membuat data sintetik dengan *event* yang sempurna seperti data sintetik lapangan belum mencukupi. Meskipun demikian, sifat data sintetik dibuat semirip mungkin data lapangan dengan mengatur *bandwidth* frekuensi oleh *band pass filter* tertentu yang dapat dilihat dari *spectral analysis*.



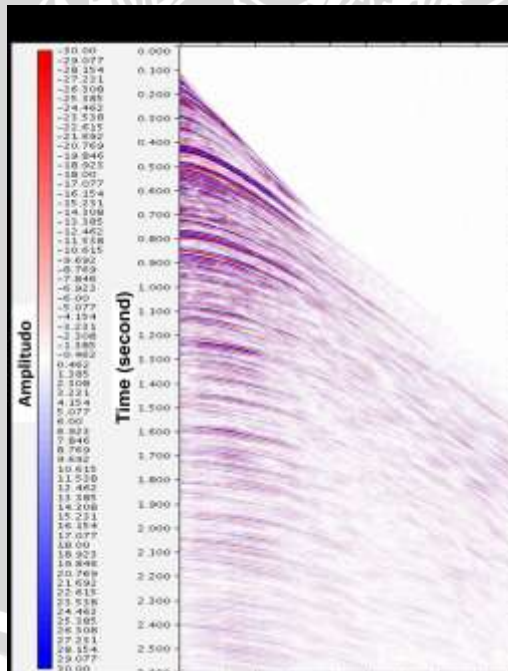
Gambar 4. 2 Model sintetik 2 dalam *shot gather* dimana terdapat primer, dan multipel orde pertama serta multipel orde kedua.

4.1.3 Data Seismik 2D Laut

Data lapangan sebagai masukan yang digunakan pada penelitian ini adalah data seismik 2D laut. Data seismik tersebut merupakan data dengan lintasan nomor 431 dalam area survei X serta nomor *shot point* 1001 sampai dengan 1486. Jarak sumber

peledak dengan penerima pertama sebesar 25 m. Jarak antar penerima sebesar 12,5 m. Sedangkan jarak antar CMP adalah 6,25 m serta *offset* maksimumnya sebesar 3100 m.

Data masukan yang akan digunakan dalam penelitian ini telah dikenai tahapan pengolahan data seismik berupa *reformatting* dan *geometry*. *Reformatting* digunakan untuk mengubah format data lapangan ke dalam format *software* yang digunakan. Sedangkan *geometry* digunakan untuk memasukkan informasi data dari lapangan yang berasal dari *observer report*. Data rekaman seismik akan diberi label serta dicocokkan dengan *geometry* lapangan mengenai nomor penembakan, nomor *trace*, *offset* dan lain-lain. Sebelum dilakukan proses dekonvolusi data harus bebas dari *noise*. Tahapan pengolahan data seismik yang dilakukan sebagai usaha untuk membebaskan data dari *noise* adalah *anomalous amplitude attenuation*. Proses tersebut digunakan untuk menghilangkan *noise* yang memiliki amplitudo anomali. Data seismik yang akan dikenai pengolahan dalam penelitian ini berupa *shot gather* dalam domain *time-offset*.

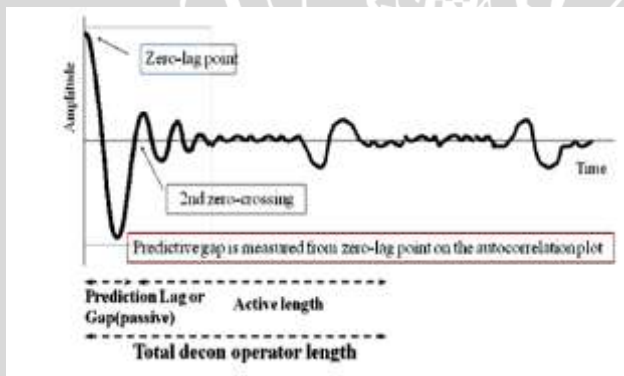


Gambar 4. 3 *Shot gather* data seismik 2D laut dengan nomor *shot point* 1139.

4.2 Aplikasi Dekonvolusi Prediktif dalam Domain $t - x$

Jenis *noise* yang sering sekali muncul pada data seismik adalah multipel. Pereduksian multipel mampu meningkatkan *signal to noise ratio* (S/N). Hal tersebut dapat tercapai dengan bantuan suatu desain filter untuk mereduksi multipel. Salah satu pembuatan desain filter yang dapat mereduksi adanya multipel adalah menggunakan metode dekonvolusi. Tujuan dekonvolusi adalah mengkompres *wavelet* sehingga multipel dapat ikut tereduksi.

Metode dekonvolusi yang sesuai diterapkan untuk mereduksi multipel adalah dekonvolusi prediktif. Dekonvolusi prediktif ini bekerja dengan memprediksi letak multipel tanpa mengetahui informasi mengenai sumber *wavelet*. Dalam proses kerja dari dekonvolusi prediktif, parameter yang digunakan adalah *gap* dan *operator length*. Kedua parameter tersebut mempengaruhi bentuk akhir *wavelet* setelah dilakukan proses dekonvolusi. Parameter *gap* merupakan panjangnya *wavelet* dalam satuan waktu yang akan dibentuk *spike*. Parameter *operator length* merupakan panjangnya suatu *trace* yang akan direduksi dalam satuan waktu. *Total operator length* merupakan penjumlahan dari *gap* dan *operator length*. Syarat utama *wavelet* agar dapat dilakukan dekonvolusi adalah *minimum phase wavelet*.

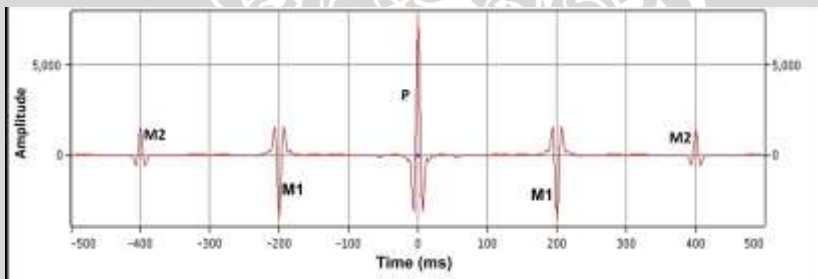


Gambar 4. 4 Parameter dekonvolusi prediktif dari sebuah autokorelasi *trace* (Syiswati, 2013).

Gambar 4.4 merupakan parameter dekonvolusi prediktif yang diterapkan pada sebuah *trace*. Pemilihan *gap* yang baik untuk membentuk *wavelet* menjadi *spike* adalah dari *zero lag point* hingga *second zero crossing* dalam suatu jendela autokorelasi. Namun,

untuk kasus pereduksian multipel dalam penelitian ini, pembentukan *wavelet* menjadi *spike* dihindari karena dapat mengubah bentuk *wavelet*. Sehingga *gap* dipilih lebih besar daripada *second zero crossing*. Pemilihan *operator length* dapat dilakukan pada jendela autokorelasi dari suatu *trace* yang akan didekonvolusi. *Operator length* dipilih berdasarkan keberadaan multipel dalam autokorelasi. Penerapan dekonvolusi prediktif pada masing-masing *software processing* berbeda-beda dalam menghitung *operator length*. Terkadang komputasi dari beberapa *software* ada yang menggunakan *total operator length*, ada pula yang menggunakan *operator length* dalam algoritmanya untuk pemilihan parameter tersebut. Sehingga diperlukan pemahaman lebih awal mengenai hal tersebut agar tidak salah dalam pemilihan *operator length*.

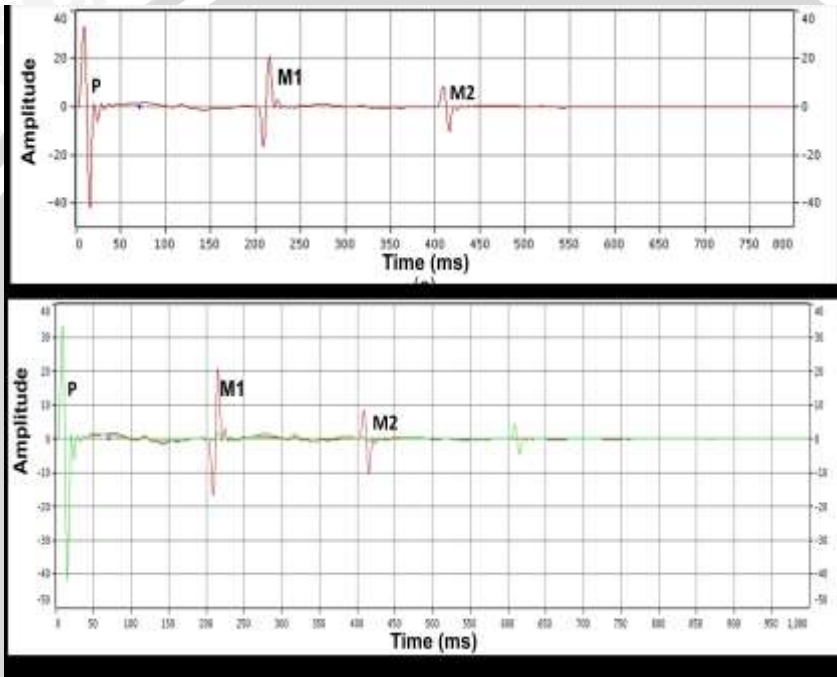
Model sintetik 1 (gambar 4.1) merupakan suatu model yang menggambarkan primer dan multipel dalam satu *trace*. Autokorelasi dilakukan pada data tersebut untuk menentukan parameter dekonvolusi yang tepat seperti pada gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Autokorelasi dari model sintetik 1.

Berdasarkan jendela autokorelasi model sintetik 1 yang ditunjukkan pada gambar 4.5, primer berada pada waktu 0 ms dengan posisi *second zero crossing* sebesar 30 ms. Multipel orde pertama berada pada 200 ms dan multipel orde kedua berada pada 400 ms sehingga besarnya *gap* yang diperkirakan tidak mengubah bentuk *wavelet* adalah sebesar 40 ms. Nilai tersebut dipilih karena lebih besar dari nilai *second zero crossing*. Algoritma *Omega software processing* dalam memilih *operator length* dihitung berdasarkan *total operator length*. Sesuai dengan pengetahuan tersebut, *operator length* dipilih sebesar 200 ms sesuai dengan keberadaan multipel orde pertama pada gambar 4.5. Hal tersebut dilakukan karena dekonvolusi akan melakukan perulangan untuk proses pereduksiannya. Kemudian

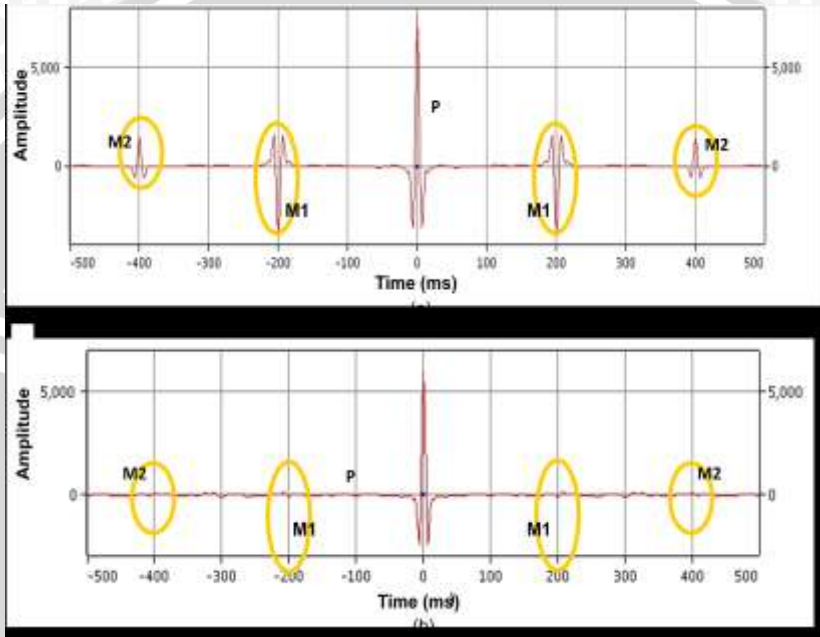
dilakukan proses dekonvolusi, sehingga diperoleh *trace* dengan multipel yang telah tereduksi dan menyisakan primer yang ditunjukkan pada gambar 4.6 dengan warna merah menunjukkan sebelum dekonvolusi dan warna hijau setelah dekonvolusi. Pemrograman ini dilakukan pada suatu *sub-software Omega software processing* yang disebut *Seismic Wavelet Processor*.



Gambar 4. 6 (a) Model sintetik 1 sebelum didekonvolusi (b) *Overlay* antara model sintetik 1 (merah) dan hasil dekonvolusi (hijau) dengan *gap* sebesar 40 ms dan *operator length* sebesar 200 ms yang dapat dilihat melalui autokorelasi.

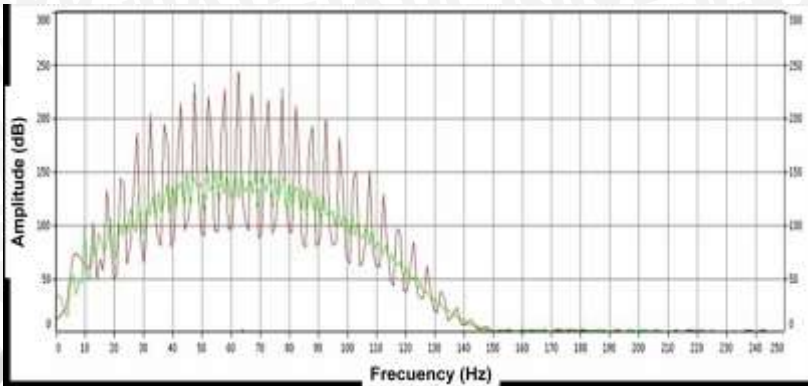
Dekonvolusi yang dilakukan pada model sintetik 1 menghasilkan suatu *trace* yang lebih panjang dari semula dengan bentuk *wavelet* dari primer yang tidak berubah yang dapat dilihat pada gambar 4.6b dimana primer sebelum dekonvolusi yang tertumpuk sama persis oleh primer setelah dekonvolusi. Proses dekonvolusi ini berhasil mereduksi multipel orde pertama dan orde kedua sekaligus karena sifat perulangan yang dilakukan. Namun, ada suatu *wavelet* baru yang muncul pada *time* 600ms. Hal tersebut muncul dalam proses dekonvolusi yang dapat dikarenakan *prediction error filter*. Selain melalui *overlay* seperti gambar 4.6, hasil

pereduksian multipel dapat dilihat dengan jelas dari perbandingan autokorelasi model sintetik 1 antara sebelum dan setelah dikenai dekonvolusi seperti pada gambar 4.7. Pada gambar 4.7 tersebut terlihat jelas bahwa multipel pada *time* 200 ms dan 400 ms sebelum dikenai dekonvolusi telah tereduksi setelah dekonvolusi dilakukan.



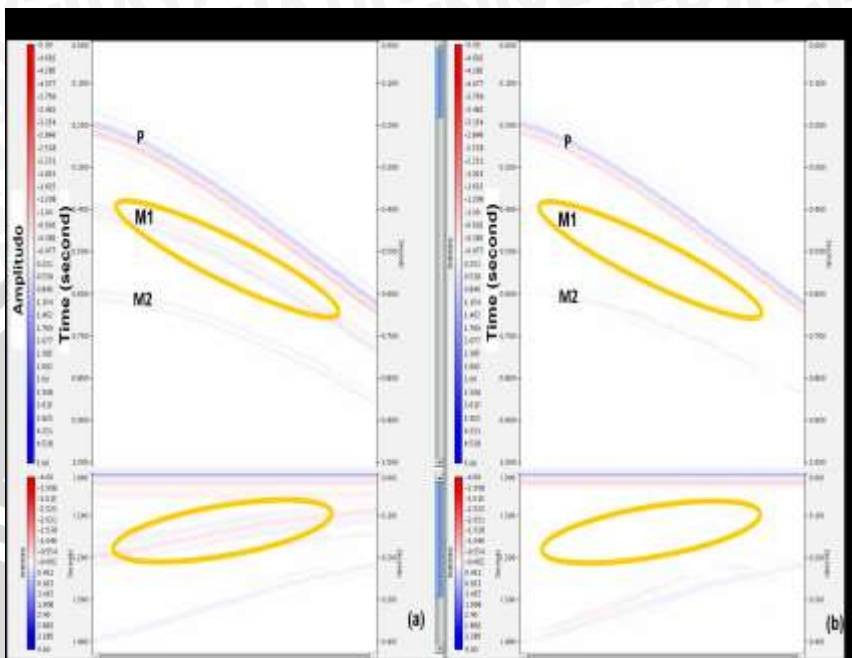
Gambar 4. 7 (a) Autokorelasi sebelum dekonvolusi dan (b) Autokorelasi setelah dekonvolusi dengan *gap* 40ms dan *operator length* 200ms, dengan lingkaran kuning menandai pereduksian multipel yang terjadi.

Overlay spectral analysis sebelum dan sesudah dikenai dekonvolusi (gambar 4.8) juga dapat menunjukkan tepat tidaknya proses dekonvolusi yang berlangsung. *Spectral analysis* akan semakin halus frekuensinya dengan amplitudo yang tidak terlalu tajam tanpa mengubah kawasan frekuensi serta besarnya amplitudo setelah dilakukan proses dekonvolusi.



Gambar 4. 8 Overlay antara *spectral analysis* model sintetik 1 (merah) dan hasil dekonvolusi (hijau) dengan *gap* sebesar 40 ms dan *operator length* sebesar 200 ms.

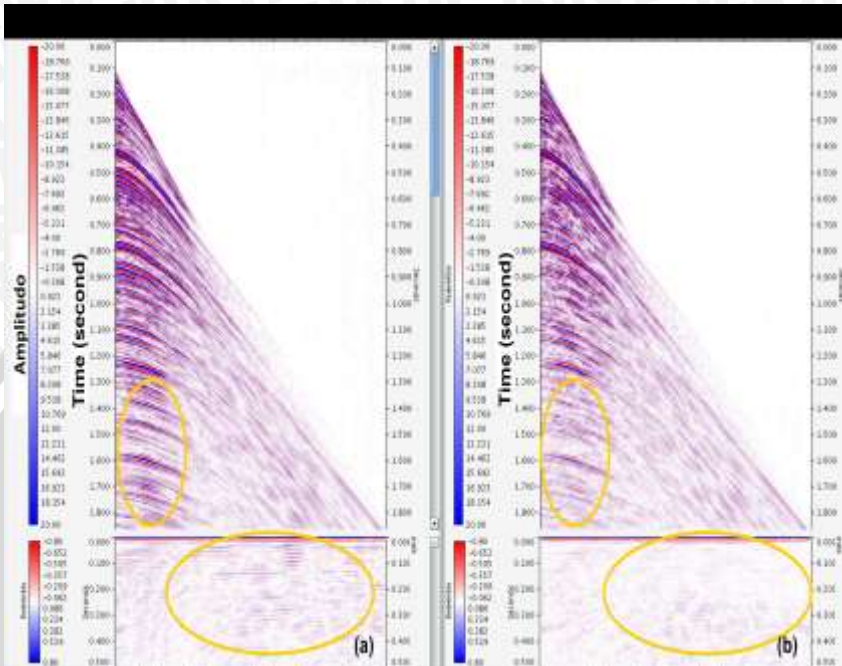
Dekonvolusi juga dapat diterapkan dalam model data seismik pada domain $t - x$. Penerapannya juga sama seperti pada model seismik sederhana dalam satu *trace* (gambar 4.1). Model sintetik 2 (gambar 4.2) merupakan data model *shot gather* yang berada dalam domain $t - x$ yang akan dikenai dekonvolusi. Sama halnya pada model sintetik 1, untuk mengetahui besarnya parameter *gap* dan *operator length* dapat dilihat dari autokorelasinya. Omega Seismic Processing Software menggunakan *half length autocorrelation* untuk melihat autokorelasi dari model sintetik 2 (gambar 4.2) sehingga sedikit berbeda dengan tampilan autokorelasi pada *Seismic Wavelet Processor*. Rata-rata *second zero crossing* berada pada *time* 24 ms untuk model sintetik 2. Besarnya *gap* yang dipilih adalah 40 ms dimana lebih besar dari *second zero crossing* agar tidak mengubah bentuk *wavelet*. *Operator length* dipilih sebesar 200 ms dengan target reduksi hingga *event* multipel orde kedua. Gambar 4.9 berikut merupakan *shot gather* dan *half autocorrelation* (di bawah) dari model sintetik 2 sebelum dan setelah dilakukan dekonvolusi pada domain $t - x$.



Gambar 4. 9 (a) *Shot gather* dan autokorelasi sebelum dekonvolusi, (b) *Shot gather* dan autokorelasi setelah dekonvolusi $t - x$ pada *gap* sebesar 40 ms dan *operator length* sebesar 200 ms. Lingkaran kuning menunjukkan pereduksian multipel yang terjadi.

Hasil dari proses dekonvolusi adalah terjadi pengurangan multipel (gambar 4.9b). Namun, pereduksian ini kurang maksimal. Jika dilihat dari jendela autokorelasi hasil dekonvolusi, bagian dari multipel kedua masih terlihat jelas. Pada *shot gather* model sintetik 2 setelah dekonvolusi (gambar 4.9b), pereduksian multipel orde kedua tidak begitu maksimal bahkan dalam *offset* tertentu amplitudo terlihat semakin menguat. Hal tersebut terjadi karena perulangan multipel yang tidak stabil jaraknya pada *offset* tertentu. Jarak perioditas multipel antara posisi *zero offset* dan *non-zero offset* berbeda.

Penerapan dekonvolusi pada domain $t - x$ diterapkan pada data seismik 2D laut (gambar 4.3). Besarnya parameter *gap* dan *operator length* dipilih berdasarkan tes parameter terbaik yang dilakukan pada aplikasi dekonvolusi $\tau - p$ linear. Hal tersebut dilakukan karena metode tersebut diasumsikan lebih baik untuk mereduksi adanya multipel.



Gambar 4. 10 (a) *Shot gather* dan autokorelasi sebelum dekonvolusi, (b) *Shot gather* dan autokorelasi setelah dekonvolusi $t-x$ dengan *gap* sebesar 32 ms dan *operator length* sebesar 240 ms.

Pada gambar 4.10b, pereduksian multipel terjadi pada data seismik 2D laut (gambar 4.3) setelah diaplikasikan dekonvolusi $t-x$ dengan *gap* sebesar 32 ms dan *operator length* sebesar 240 ms. Namun jika dilihat dari *shot gather* sebelum dan setelah dikenai dekonvolusi $t-x$ (gambar 4.10), reverberasi belum tereduksi secara maksimal. Pereduksian multipel yang kurang maksimal ini akan dapat mempengaruhi pengolahan data pada proses selanjutnya. Oleh karena itu diperlukan suatu metode yang dapat membantu agar pereduksian multipel dapat lebih optimal.

4.3 Aplikasi Dekonvolusi Prediktif $\tau-p$ Linear

4.3.1 Transformasi Domain dari $t-x$ ke $\tau-p$

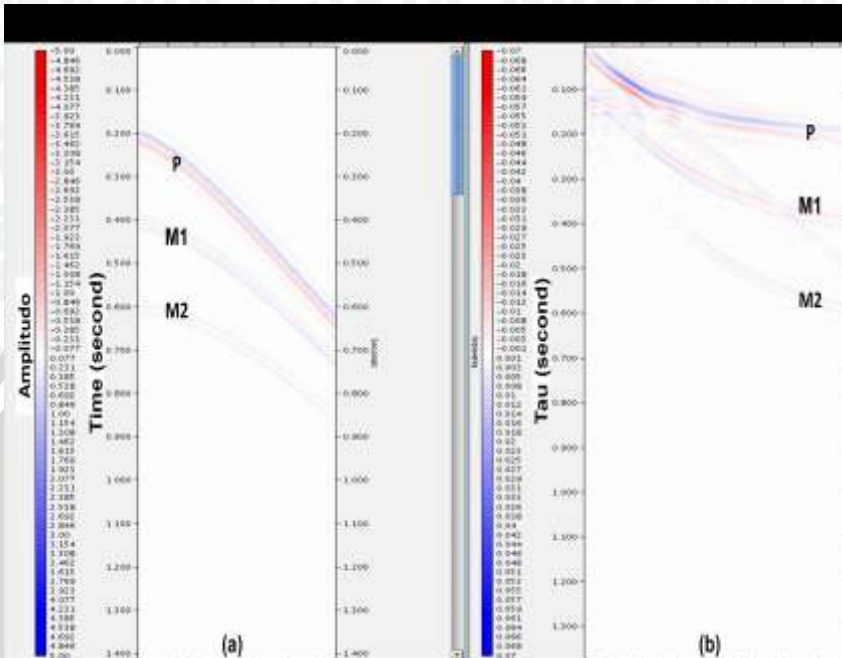
Transformasi $\tau-p$ merupakan salah satu metode yang dapat membantu proses dekonvolusi pada data sintetik berjalan optimal. Data sintetik yang sebelumnya berbentuk *shot gather* pada domain $t-x$ akan ditransformasikan ke domain $\tau-p$ dan berbentuk *slant-*

stack gather. Permasalahan yang muncul akibat perbedaan jarak perioditas multipel antara posisi *zero offset* dan *non-zero offset* dalam domain $t - x$ dapat dikurangi pada domain $\tau - p$ yang dapat dilihat seperti pada gambar 2.28.

Parameter yang mempengaruhi transformasi $\tau - p$ ini antara lain *minimum moveout*, *maximum moveout*, frekuensi maksimum, *maximum offset*, serta nomor p *trace* yang akan dibentuk. Nilai parameter pembentuk p *trace* harus dipilih secara tepat untuk mengurangi terjadinya fenomena *aliasing*. *Aliasing* merupakan masalah yang sering muncul pada transformasi domain. *Aliasing* dapat terjadi karena 2 hal yaitu pertama akibat pengaruh dari *shot gather* yang akan diubah ke domain $\tau - p$ dan yang kedua akibat pengaruh *slant-stack gather* yang akan ditransformasi balik ke domain $t - x$.

Nilai *maximum moveout* dan *minimum moveout* yang dipilih nantinya akan menghasilkan jangkauan *moveout* atau panjang jangkauan p *trace* yang terbentuk. Nilai frekuensi maksimum dipilih berdasarkan pemilihan frekuensi pada data yang diharapkan setelah transformasi domain *noise* dapat diminimumkan karena diperkirakan frekuensi di atas frekuensi maksimum merupakan frekuensi *noise*. Nilai *maximum offset* merupakan jarak maksimum antara sumber dan penerima di lapangan. Besarnya nomor p *trace* akan menentukan banyaknya p *trace* yang terbentuk pada domain $\tau - p$. Penentuan banyaknya *trace* yang dipilih inilah yang nantinya akan mempengaruhi terjadi atau tidaknya *aliasing* pada transformasi balik ke domain $t - x$.

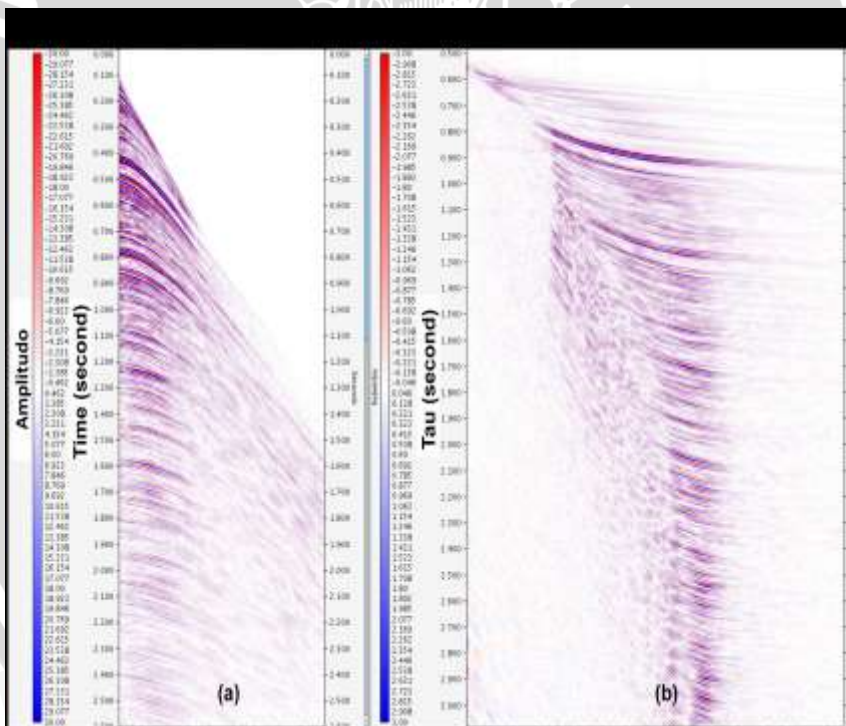
Cara kerja transformasi $\tau - p$ ini dilakukan dalam dua langkah. Pertama, linear *moveout* diaplikasikan terhadap data melalui sebuah transformasi koordinat. Kemudian dilakukan penyatuan gelombang dengan menjumlahkan amplitudonya terhadap *offset*. Dengan mengulangi koreksi LMO sebanyak p *trace* dan menjumlahkannya terhadap *offset*, sebuah *slant-stack gather* terbentuk.



Gambar 4.11 (a) Model sintetik 2 dalam domain $t - x$ dan (b) Transformasi $\tau - p$ linearnya.

Transformasi $\tau - p$ linear dapat dilakukan pada model sintetik 2 (gambar 4.2). Parameter transformasi $\tau - p$ linear untuk model sintetik 2 dipilih secara *try and error*. Pemilihan parameter yang kurang tepat akan menghasilkan data yang terdapat *aliasing* di dalamnya sehingga parameter *slant-stack gather* dipilih secara cermat dan hati-hati. Gambar 4.11b merupakan bentuk *slant-stack gather* dari gambar 4.11a. *Minimum moveout* dipilih sebesar -870 ms. *Maximum moveout* dipilih sebesar 870 ms karena pada nilai ini *maximum dip* atau kemiringan yang paling curam *moveout linear* dapat terbentuk sehingga menghasilkan jarak jangkauan *moveout* yang tepat dan tidak terlalu lebar. Frekuensi data yang dipilih sebesar 40 Hz sesuai dengan *high-cut filter* pada gambar 4.2. *Maximum Offset* data sebesar 1100 m serta nomor *p trace* yang akan dibentuk sebanyak 870 *p trace*, setengah dari jangkauan *moveout*. Pemilihan parameter di atas dianggap tepat karena menghasilkan *aliasing* atau *noise* yang sedikit sehingga proses dekonvolusi dapat diterapkan di dalamnya.

Perlakuan yang sama juga dilakukan untuk transformasi $\tau - p$ linear pada data seismik 2D laut (gambar 4.3) yang dapat dilihat pada gambar 4.12. *Minimum moveout* dipilih sebesar -2067 ms. *Maximum moveout* dipilih sebesar 2067 ms karena pada nilai ini *maximum dip moveout linear* dapat terbentuk sehingga menghasilkan jarak jangkauan *moveout* yang tepat dan tidak terlalu lebar. Frekuensi data yang dipilih sebesar 90 Hz karena frekuensi di atas frekuensi maksimum dianggap sebagai frekuensi *noise*. *Maximum offset* data sebesar 3100 m sesuai dengan jarak penembakan di lapangan. Serta nomor p trace yang akan dibentuk sebanyak 517 p trace, seperdelapan dari jangkauan *moveout*. Parameter di atas telah tepat untuk menggambarkan *slant-stack gather* untuk data seismik laut 2D (gambar 4.3) setelah dilakukan pengecekan ulang dengan mentransformasikan balik ke domain $t - x$ dimana menghasilkan *noise* yang minimum.



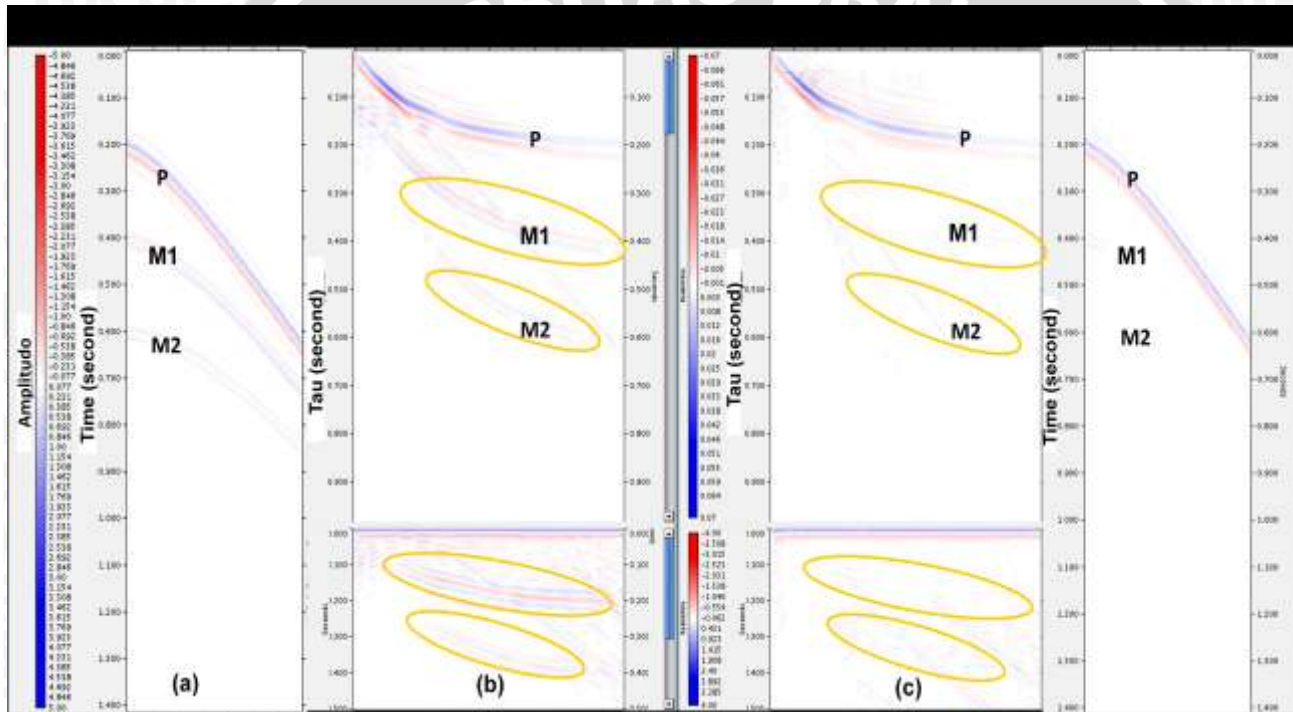
Gambar 4. 12 (a) Data seismik 2D laut dalam domain $t - x$ dan (b) Transformasi $\tau - p$ linear dari gambar a.

4.3.2 Aplikasi Dekonvolusi Prediktif

Prinsip penerapan dekonvolusi pada *slant-stack gather* sama seperti pada *shot gather* (domain $t - x$). Dekonvolusi yang digunakan adalah dekonvolusi prediktif. *Gap* dan *operator length* harus dipilih sesuai dengan keadaan data. Pemilihan *gap* dan *operator length* dapat dilihat melalui autokorelasi. Parameter *gap* akan dipilih lebih besar dari *second zero crossing*. *Operator length* dipilih sejauh multipel yang akan direduksi sehingga nantinya perulangan yang terjadi mampu mereduksi multipel hingga posisi *time* paling dalam.

Pada *slant-stack gather* model sintetik 2 (gambar 4.12b), terlihat perioditas multipel yang lebih stabil antara multipel yang satu dan yang lainnya dibandingkan pada *shot gather* (gambar 4.12a). Berdasarkan kenyataan tersebut, diperkirakan dekonvolusi prediktif dapat berjalan optimal pada *slant-stack gather* seperti gambar 4.13.

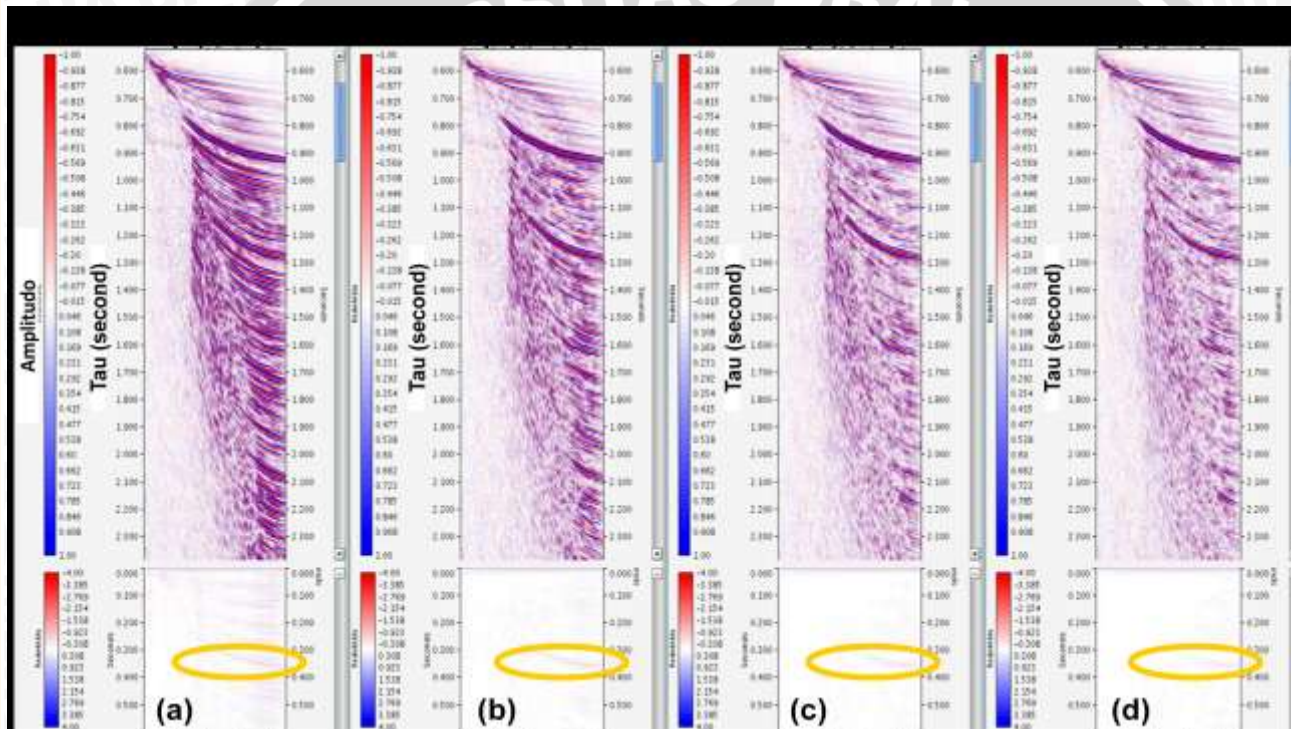




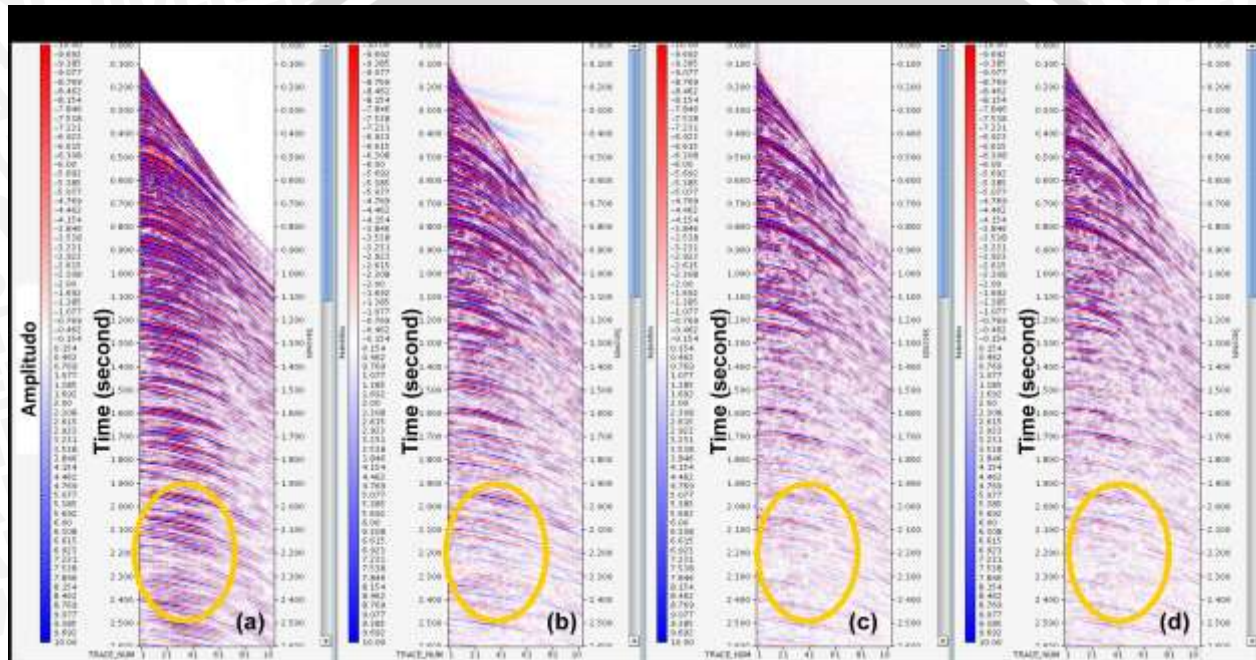
Gambar 4. 13 (a) *Shot Gather* model sintetik 2 sebelum dekonvolusi, (b) *Slant-stack gather* dan autokorelasi model sintetik 2 dalam domain $\tau - p$ sebelum dekonvolusi, (c) *Slant-stack gather* dan autokorelasi model sintetik 2 setelah dekonvolusi dengan *gap* 40 ms dan *operator length* sebesar 200 ms, (d) *Shot Gather* model sintetik 2 setelah dekonvolusi $\tau - p$. Lingkaran kuning menunjukkan pereduksian multipel.

Pemilihan *gap* dan *operator length* dalam proses dekonvolusi memiliki nilai yang sama baik pada domain $t - x$ maupun pada domain $\tau - p$. Perlakuan tersebut dapat digunakan sebagai perbandingan satu sama lain nantinya. Pada gambar 4.13b, *gap* dipilih sebesar 40 ms dengan harapan tidak mengubah bentuk *wavelet* setelah dekonvolusi dilakukan karena panjangnya telah melebihi dari *second zero crossing*. Panjang *operator length* dipilih sebesar 200 ms berdasarkan keberadaan multipel yang menjadi target yang dapat dilihat pada gambar 4.13a. Parameter dekonvolusi tersebut juga akan mengalami perulangan sehingga multipel yang kedua juga tereduksi seperti gambar 4.13b. Berdasarkan gambar 4.13 terlihat dengan jelas bahwa multipel orde pertama pada *time* 200 ms dan multipel orde kedua pada *time* 400 ms dapat tereduksi dengan maksimal. Dengan demikian, didapatkan *slant-stack gather* dari model sintetik 2 dengan multipel yang telah tereduksi (gambar 4.13b).

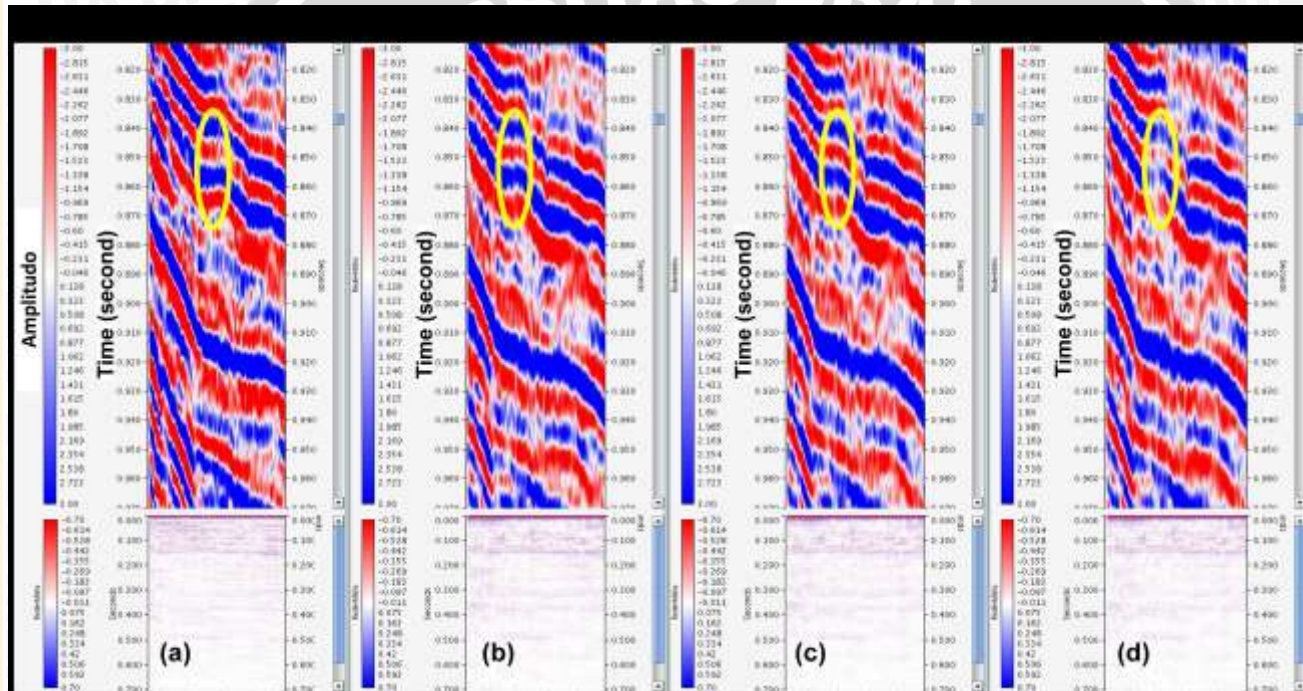
Pada data seismik 2D laut (gambar 4.3), aplikasi dekonvolusi prediktif dalam domain $\tau - p$ sama seperti pada domain $t - x$. Parameter dekonvolusi dipilih berdasarkan hasil tes parameter yang terbaik. Tes parameter dekonvolusi dilakukan pada domain $\tau - p$ karena diasumsikan hasil akhirnya akan lebih baik dibanding pada domain $t - x$ karena permasalahan perioditas multipelnya. Pada gambar 4.14, parameter yang akan di tes hanyalah *operator length* dengan *gap* tetap yang dipilih lebih besar dari *second zero crossing* sebesar 32 ms sehingga tidak mengubah bentuk *wavelet*. *Operator length* yang dipilih untuk dites sebesar 120 ms, 240 ms, dan 320 ms. Berikut merupakan perbandingan antara ketiganya berdasarkan *slant-stack gather*, *shot gather* dan *stack*.



Gambar 4. 14 (a) *Slant-stack gather* serta autokorelasinya sebelum dekonvolusi, (b) *Slant-stack gather* serta autokorelasinya setelah dekonvolusi dengan operator length 120 ms, (c) *Slant-stack gather* serta autokorelasinya setelah dekonvolusi dengan operator length 240 ms, (d) *Slant-stack gather* serta autokorelasinya setelah dekonvolusi dengan operator length 320 ms. Lingkaran kuning menunjukkan pereduksian reflektor primer.



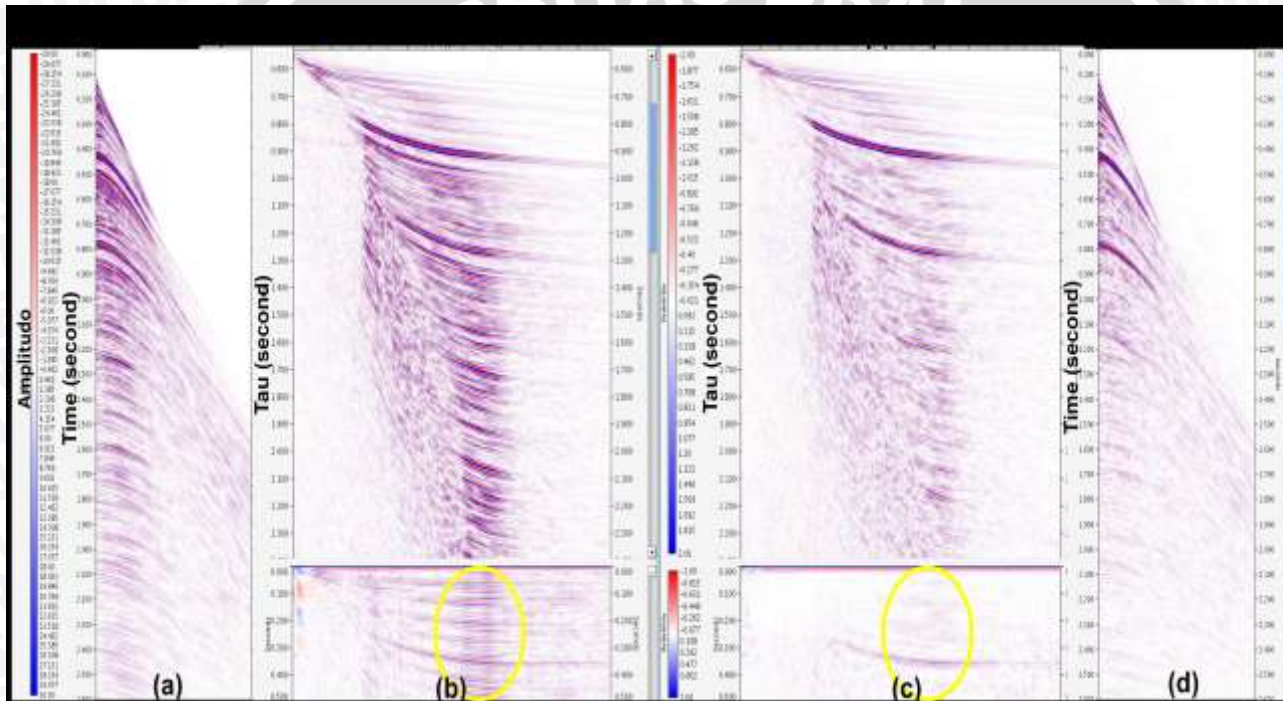
Gambar 4. 15 (a) Shot gather sebelum dekonvolusi, (b) Shot gather setelah dekonvolusi dengan operator length 120 ms, (c) Shot gather setelah dekonvolusi dengan operator length 240 ms, (d) Shot gather setelah dekonvolusi dengan operator length 320 ms. Lingkaran kuning menunjukkan pereduksian multipel.



Gambar 4. 16 (a) *Stack* serta autokorelasinya sebelum dekonvolusi, (b) *Stack* serta autokorelasinya setelah dekonvolusi dengan operator length 120 ms, (c) *Stack* serta autokorelasinya setelah dekonvolusi dengan operator length 240 ms, (d) *Stack* serta autokorelasinya setelah dekonvolusi dengan operator length 320 ms. Lingkaran kuning menunjukkan pereduksian reflektor primer.

Berdasarkan gambar 4.14 dan 4.15, pada *operator length* 120 ms, multipel telah tereduksi. Namun pereduksian yang terjadi masih kurang dibandingkan dengan *operator length* 240 ms. Begitu pula *operator length* 240 ms, pereduksiannya kurang optimal dibandingkan dengan *operator length* 320 ms. Kelemahan pada pereduksian multipel yang dilakukan oleh *operator length* 320 ms adalah diperkirakan *event* primer ikut tereduksi yang dapat dilihat pada gambar 4.14 dan 4.16. Berdasarkan hasil tes parameter di atas, nilai 240 ms dipilih sebagai *operator length* terbaik. *Operator length* yang telah dipilih diaplikasikan untuk data seismik 2D laut (gambar 4.2) pada metode dekonvolusi $\tau - p$ linear. Parameter dekonvolusi di atas juga diterapkan pada dekonvolusi domain $t - x$ agar didapat perbandingan hasil antara dekonvolusi pada domain $t - x$ dan $\tau - p$ linear.

Dengan besar *gap* 32 ms dan *operator length* 240 ms, diperoleh data seismik laut dengan multipel yang telah tereduksi. Hasil tersebut dapat diamati melalui gambar *slant-stack gather* sebelum dan setelah dekonvolusi $\tau - p$ (gambar 4.17).



Gambar 4. 17 (a) *Shot Gather* data seismik 2D laut sebelum dekonvolusi, (b) *Slant-stack gather* dan autokorelasi data seismik 2D laut dalam domain $\tau - p$ sebelum dekonvolusi, (c) *Slant-stack gather* dan autokorelasi data seismik 2D laut setelah dekonvolusi dengan *gap* 32 ms dan *operator length* sebesar 240 ms, (d) *Shot Gather* data seismic 2D laut setelah dekonvolusi $\tau - p$. Lingkaran kuning menunjukkan pereduksian multipel.

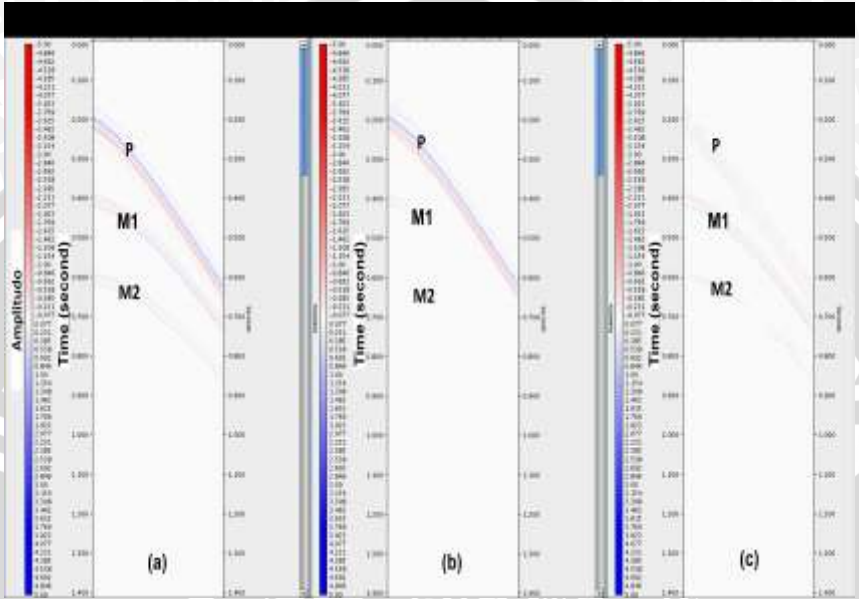
Dilihat dari *slant-stack gather*, multipel *short period* yang terdapat pada data seismik 2D laut banyak tereduksi. Perulangan multipel yang kentara sebelum dilakukan dekonvolusi pada domain $\tau - p$, sangat berkurang setelah dekonvolusi diaplikasikan. Desain filter dengan *gap* dan *operator length* yang dipilih mampu mereduksi hingga kawasan *time* yang nilainya besar. Kenyataan tersebut lebih dikuatkan dengan tampilan jendela autokorelasi di bawah *slant-stack gather* tersebut. Reverberasi yang terjadi pada data seismik laut 2D dapat direduksi dan menyisakan suatu *event* yang diindikasikan sebagai primer.

4.3.3 Transformasi Invers Domain dari $\tau - p$ ke $t - x$

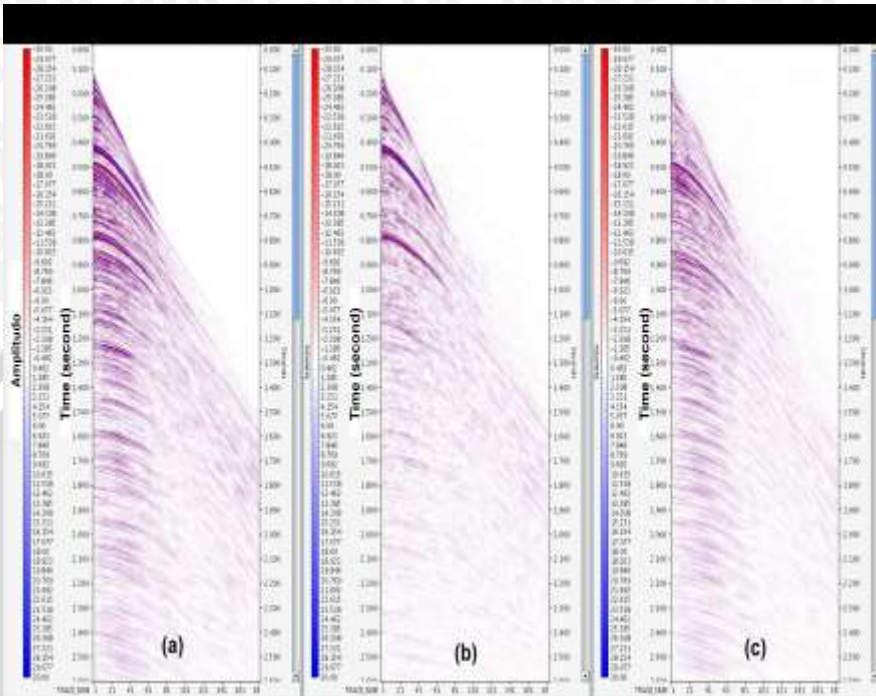
Secara umum, proses transformasi balik ke domain $t - x$ dilakukan setelah memperoleh *slant-stack gather* yang bebas multipel, sehingga dapat diproses pada tahapan *processing* berikutnya. Dalam penelitian ini, hasil dari proses dekonvolusi pada domain $\tau - p$ ditransformasikan balik ke domain $t - x$ agar dapat dibandingkan dengan dekonvolusi pada domain $t - x$. Pemetaan data dari domain $t - x$ ke dalam domain $\tau - p$ berlaku kebalikan untuk transformasi invers ini. Pertama, *linear moveout* (LMO) diaplikasikan pada data di dalam domain $\tau - p$ dengan nilai p positif. Kemudian langkah berikutnya adalah data dijumlahkan dalam domain $\tau - p$ terhadap *slowness* p . Parameter dari *slant-stack gather* juga digunakan dalam proses ini. Parameter yang paling mempengaruhi dari transformasi balik ini adalah nomor p *trace*. Semakin banyak p *trace* yang dipilih pada jangkauan *moveout* yang sama maka akan menghasilkan data *shot gather* dengan *aliasing* yang kecil.

Data hasil dari transformasi balik ini biasanya akan menghasilkan *aliasing*. Sebagai langkah meminimalisasikan *aliasing*, hasil transformasi dari domain $t - x$ ke domain $\tau - p$ langsung di transformasikan balik ke domain $t - x$ sebelum dikenai proses dekonvolusi, sehingga parameter *slant-stack gather* dapat dipilih sedemikian rupa hingga menghasilkan data akhir dalam domain $t - x$ dengan *noise* yang seminim mungkin. Setelah parameter *slant-stack* dikira sudah tepat, dekonvolusi dapat diaplikasikan setelah *forward tau-p transform* yang masih dalam bentuk *slant-stack gather* sebelum ditransformasi balik ke domain $t - x$. Gambar 4.18 dan 4.19 menunjukkan transformasi balik ke

domain $t - x$ dari model sintetik 2 (gambar 4.2) dan data seismik 2D laut (gambar 4.3).



Gambar 4. 18 (a) *Shot gather* model sintetik 2 sebelum dekonvolusi, (b) *Shot gather* rekonstruksi model sintetik 2 setelah dekonvolusi dengan *gap* 40 ms dan *operator length* sebesar 200 ms, (c) perbedaan atau selisih keduanya.

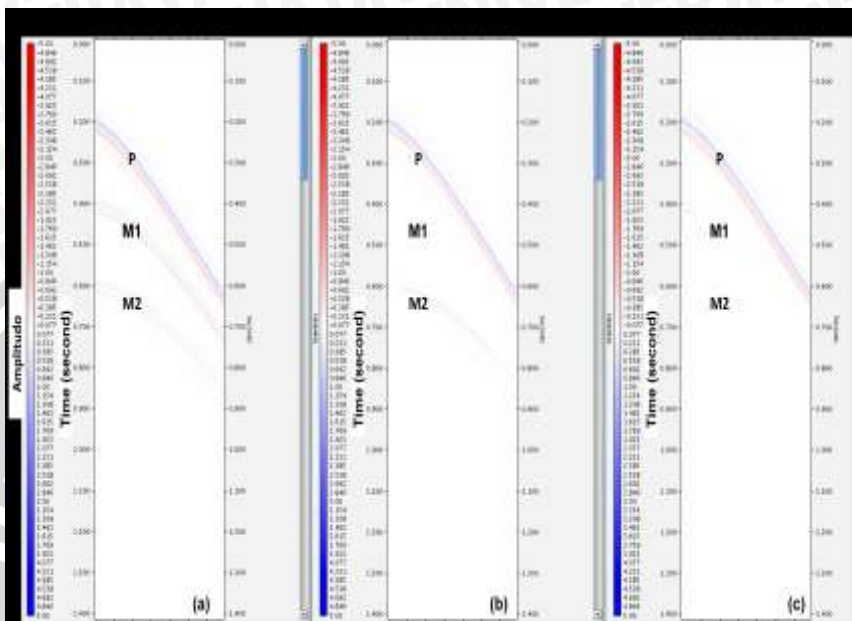


Gambar 4. 19 (a) *Shot gather* data seismik 2D laut sebelum dekonvolusi, (b) *Shot gather* rekonstruksi seismik 2D laut setelah dekonvolusi dengan *gap* 32 ms dan *operator length* sebesar 240 ms, (c) perbedaan atau selisih keduanya.

4.4 Perbandingan Hasil Antara Dekonvolusi dalam Domain $t - x$ dan $\tau - p$

4.4.1 Amplitudo

Hasil dekonvolusi $\tau - p$ model sintetik 2 menunjukkan pereduksian multipel yang lebih optimal daripada hasil dekonvolusi $t - x$. Hal tersebut dapat dilihat secara kasat mata pada gambar 4.20 yang merupakan *shot gather* sebelum dan setelah dekonvolusi $t - x$ serta setelah dekonvolusi $\tau - p$.



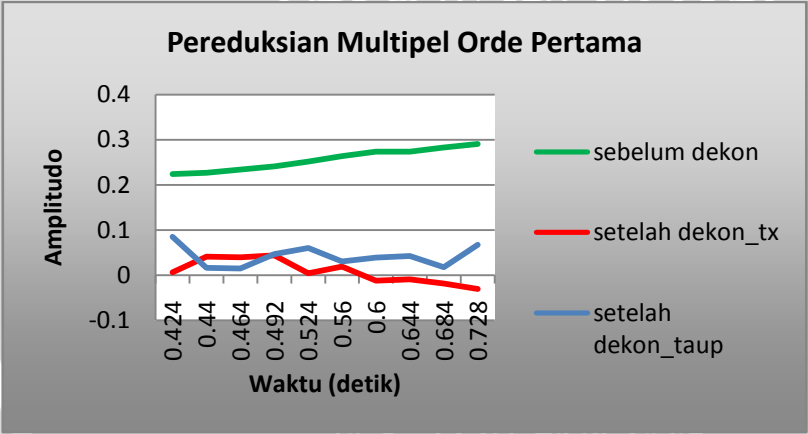
Gambar 4. 20 (a) *Shot gather* model sintetik 2 awal sebelum dekonvolusi, (b) *Shot gather* setelah dekonvolusi $t - x$ dengan *gap* sebesar 40 ms dan *operator length* sebesar 200 ms, (c) *Shot gather* setelah dekonvolusi $\tau - p$ linear dengan *gap* sebesar 40 ms dan *operator length* sebesar 200 ms.

Pada dekonvolusi $t - x$ (gambar 4.20b), pereduksian multipel hanya teroptimasi pada multipel periode pertama saja. Multipel periode kedua dari metode tersebut masih terlihat. Bahkan pada bagian tertentu *event* multipel orde kedua terlihat semakin menguat. Sedangkan pada dekonvolusi $\tau - p$, baik multipel orde pertama maupun multipel orde kedua nampak dapat tereduksi maksimal.

Suatu pereduksian multipel dapat dilihat dari besarnya pengurangan amplitudo yang terjadi. Jika dilihat berdasarkan amplitudo pada *event* multipel orde pertama dan multipel orde kedua maka dapat dibandingkan antara sebelum dikenai dekonvolusi, setelah dekonvolusi $t - x$ dan setelah dekonvolusi $\tau - p$. Berikut merupakan tabel perbandingan amplitudo ketiganya pada waktu yang sama.

Tabel 4. 1 Perbandingan amplitudo sebelum dekonvolusi, setelah dekonvolusi $t - x$ dan dekonvolusi $\tau - p$ linear dalam pereduksian multipel orde pertama pada model sintetik 2

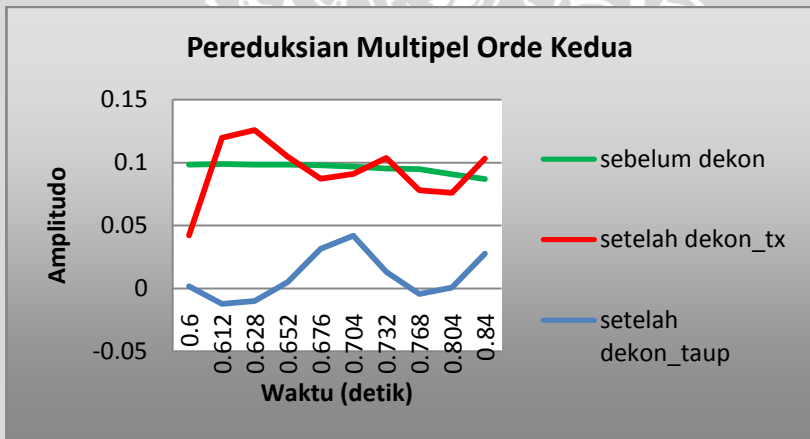
Trace	Waktu (detik)	Amplitudo		
		Sebelum	Dekonvolusi $t - x$	Dekonvolusi $\tau - p$
7	0.424	0.22393422	0.00559152	0.08481964
14	0.44	0.22684985	0.04082254	0.0165693
21	0.464	0.23351441	0.03909307	0.01494563
28	0.492	0.2408744	0.0434955	0.04643298
35	0.524	0.25172788	0.00409132	0.05989115
42	0.56	0.26340604	0.01840514	0.03071401
49	0.6	0.27313167	-0.01284559	0.03889383
56	0.644	0.2730719	-0.00962303	0.04223713
63	0.684	0.2824859	-0.01889916	0.01748435
70	0.728	0.29032692	-0.03092473	0.06728762



Gambar 4. 21 Grafik pereduksian multipel orde pertama dengan garis warna hijau menunjukkan besarnya amplitude sebelum dekonvolusi, garis merah menunjukkan dekonvolusi $t - x$ dan garis biru menunjukkan dekonvolusi $\tau - p$ linear.

Tabel 4. 2 Perbandingan amplitudo sebelum dekonvolusi, setelah dekonvolusi $t - x$ dan dekonvolusi $\tau - p$ linear dalam pereduksian multipel orde kedua pada model sintetik 2.

Trace	Waktu (detik)	Amplitudo		
		Sebelum	Dekonvolusi $t - x$	Dekonvolusi $\tau - p$
7	0.6	0.09830662	0.04213556	0.00151333
14	0.612	0.09873607	0.11973535	-0.01239078
21	0.628	0.09834275	0.12580743	-0.01005311
28	0.652	0.09833182	0.10468775	0.00497358
35	0.676	0.09767006	0.08713541	0.03143597
42	0.704	0.09679756	0.09103946	0.04188174
49	0.732	0.09523022	0.10374884	0.01306397
56	0.768	0.09474219	0.07808411	-0.00458986
63	0.804	0.09062499	0.07595709	5.87E-004
70	0.84	0.08682933	0.1032173	0.02757855

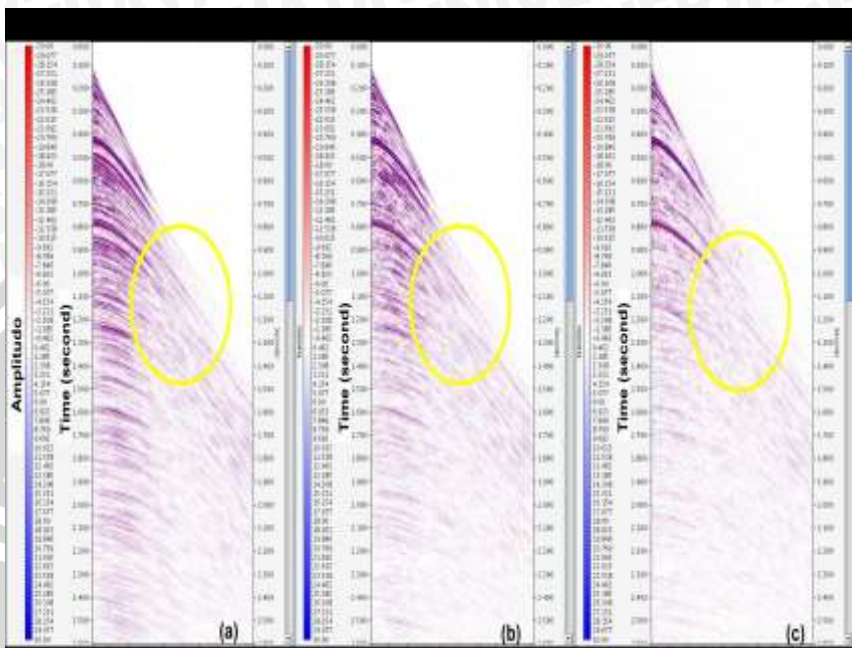


Gambar 4. 22 Grafik pereduksian multipel orde kedua dengan garis warna hijau menunjukkan besarnya amplitudo sebelum dekonvolusi, garis merah menunjukkan dekonvolusi $t - x$ dan garis biru menunjukkan dekonvolusi $\tau - p$ linear.

Berdasarkan grafik pereduksian multipel orde pertama (gambar 4.21), terlihat bahwa amplitudo dari dekonvolusi $t - x$ dan dekonvolusi $\tau - p$ linear lebih rendah daripada sebelum dikenai proses dekonvolusi pada waktu yang sama. Rata-rata amplitudo dekonvolusi $t - x$ lebih rendah daripada amplitudo dekonvolusi $\tau - p$ pada multipel orde pertama. Kedua metode mampu mereduksi

multipel orde pertama pada model sintetik 2 (gambar 4.2). Hal yang berbeda terjadi pada grafik pereduksian multipel orde kedua (gambar 4.22). Amplitudo hasil dekonvolusi $t - x$ tidak terlalu berkurang dibanding dengan amplitudo dekonvolusi $\tau - p$ yang memiliki nilai jauh di bawah amplitudo sebelum dikenai dekonvolusi. Bahkan pada hasil dekonvolusi $t - x$ dalam gambar 4.22 juga terdapat nilai amplitudo yang lebih besar daripada sebelum dekonvolusi diterapkan pada multipel orde kedua. Hal ini menunjukkan bahwa pereduksian multipel oleh dekonvolusi $t - x$ hanya mampu mereduksi secara maksimal pada multipel orde pertama saja dan tidak pada multipel orde kedua sedangkan dekonvolusi $\tau - p$ linear mampu mereduksi baik multipel orde pertama maupun multipel orde kedua. Sehingga pereduksian multipel secara optimal dilakukan oleh dekonvolusi pada domain $\tau - p$.

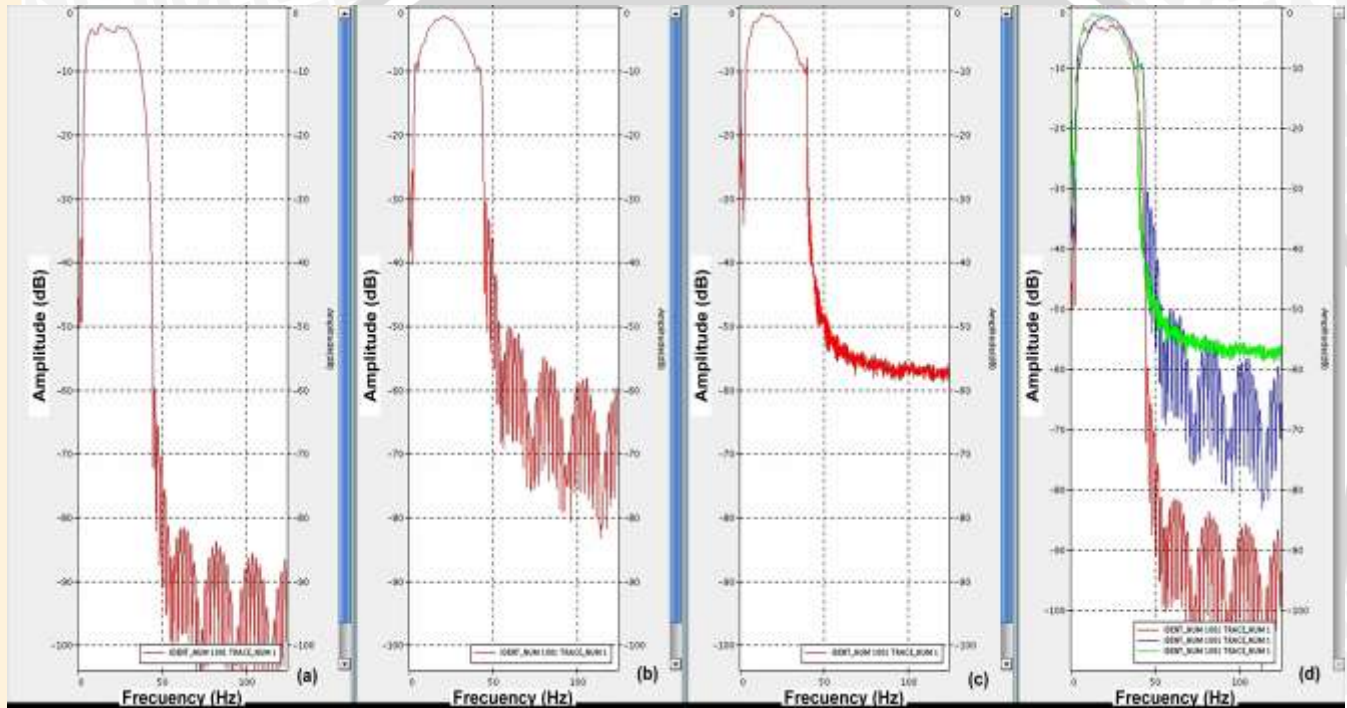
Pada data seismik 2D laut (gambar 4.3), pereduksian multipel dapat dilihat dari perbandingan *shot gather* sebelum dekonvolusi, setelah dekonvolusi $t - x$ dan setelah dekonvolusi $\tau - p$ linear seperti pada gambar 4.23. Amplitudo *short path multiple* atau reverberasi dalam data sebelum proses dekonvolusi terlihat berkurang setelah diproses dekonvolusi pada domain $t - x$ (gambar 4.23b). Namun jika dibandingkan dengan data setelah didekonvolusi $\tau - p$ linear (gambar 4.23c), terlihat bahwa proses tersebut mampu dengan maksimal mereduksi reverberasi melebihi dekonvolusi $t - x$ (gambar 4.23b). Secara teoritis (gambar 2.26 dan 2.27) area dimana perulangan yang tidak konsisten (*middle-far offset*) tidak bisa dihilangkan dengan dekonvolusi pada domain $t - x$ sedangkan dekonvolusi pada domain $\tau - p$ mampu menghilangkan multipel yang berada pada area tersebut. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, gambar 4.23 menunjukkan bahwa dekonvolusi $\tau - p$ linear mampu dengan baik mereduksi area *middle* sampai *far offset* dimana daerah tersebut terdapat perulangan tidak konsisten yang ditandai dengan lingkaran warna kuning.



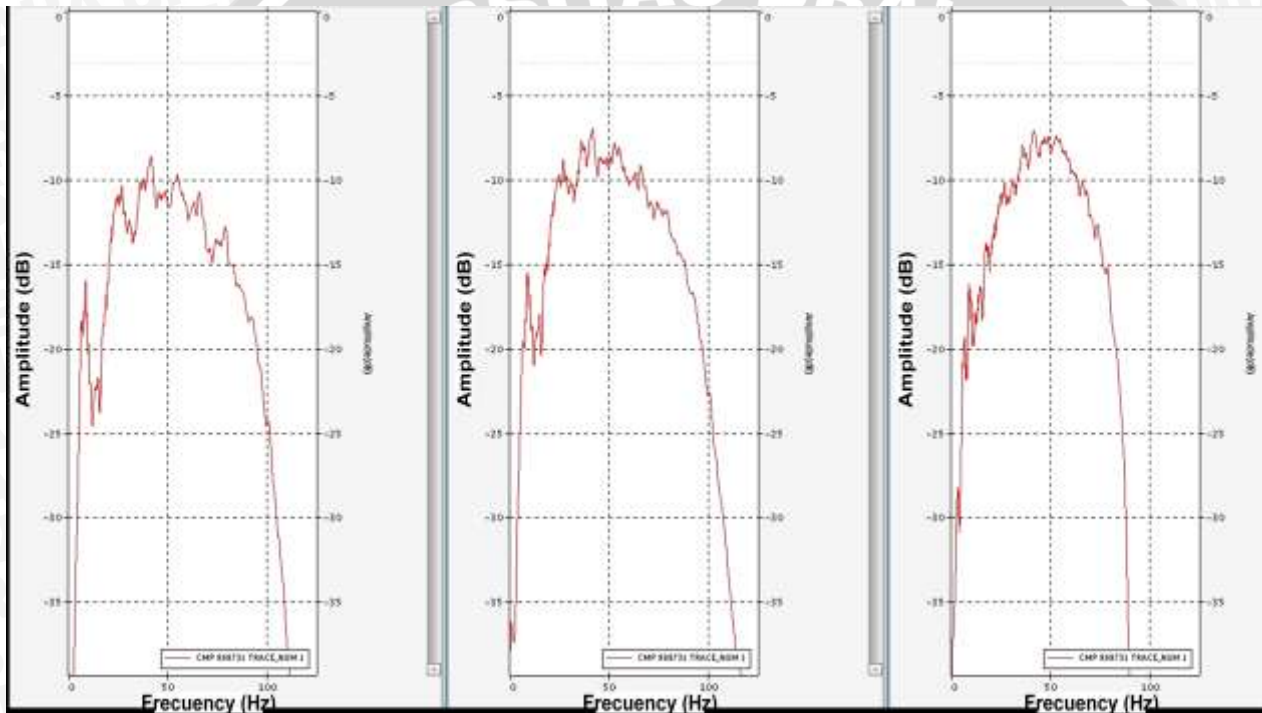
Gambar 4.23 (a) *Shot gather* data seismik 2D laut sebelum dekonvolusi, (b) *Shot gather* setelah dekonvolusi $t - x$ dan (c) *Shot gather* setelah dekonvolusi $\tau - p$ linear, lingkaran kuning menunjukkan pereduksian multipel yang terjadi pada area *middle-far offset*.

4.4.2 Spectral Analysis

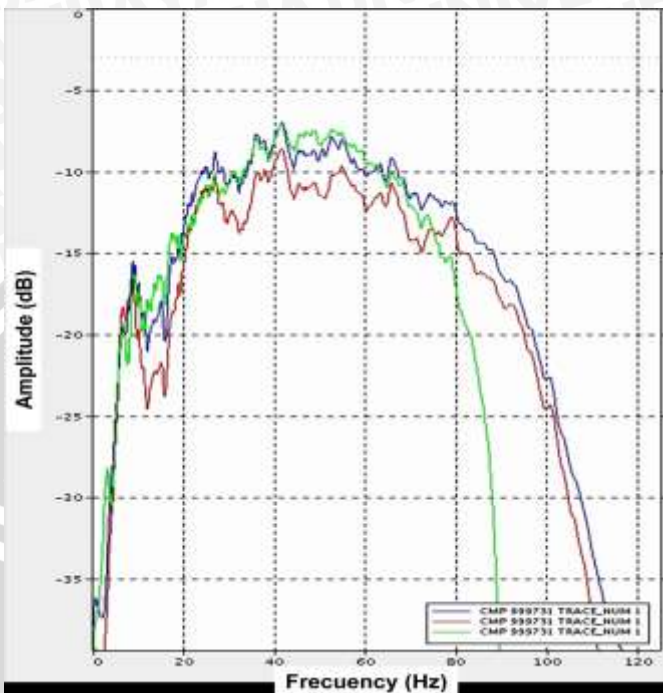
Hasil *spectral analysis* model sintetik 2 sebelum didekonvolusi, setelah dekonvolusi $t - x$ dan dekonvolusi $\tau - p$ linear dapat dilihat pada gambar 4.24. Amplitudo kuadrat (db *power correction*) setelah dekonvolusi $\tau - p$ linear lebih tinggi daripada sebelum dan setelah dekonvolusi $t - x$ dalam konten frekuensi yang sama. Hal tersebut menunjukkan tidak terjadi pengurangan energi yang signifikan setelah terjadi dekonvolusi. Selain itu proses dekonvolusi juga mampu membuat sebaran data pada *spectral analysis* lebih halus dibanding sebelumnya yang dapat dilihat pada *overlay spectral analysis* gambar 4.24d. Penghalusan tersebut lebih optimal setelah proses dekonvolusi $\tau - p$ linear daripada dekonvolusi $t - x$. Hal ini dapat digunakan sebagai indikasi bahwa *noise* telah tereduksi.



Gambar 4. 24 (a) *Spectral analysis model sintetik 2 sebelum dekonvolusi*, (b) *Spectral analysis model sintetik 2 setelah dekonvolusi $t - x$* , (c) *Spectral analysis model sintetik 2 setelah dekonvolusi $\tau - p$* serta (d) *overlay ketingganya* (merah=sebelum dekonvolusi, biru=setelah dekonvolusi $t - x$, dan hijau=setelah dekonvolusi $\tau - p$).



Gambar 4. 25 (a) *Spectral analysis* data seismik 2D laut sebelum proses dekonvolusi, (b) *Spectral analysis* data seismik 2D laut setelah dekonvolusi $t - x$ dan (c) *Spectral analysis* data seismik 2D laut setelah dekonvolusi $\tau - p$.

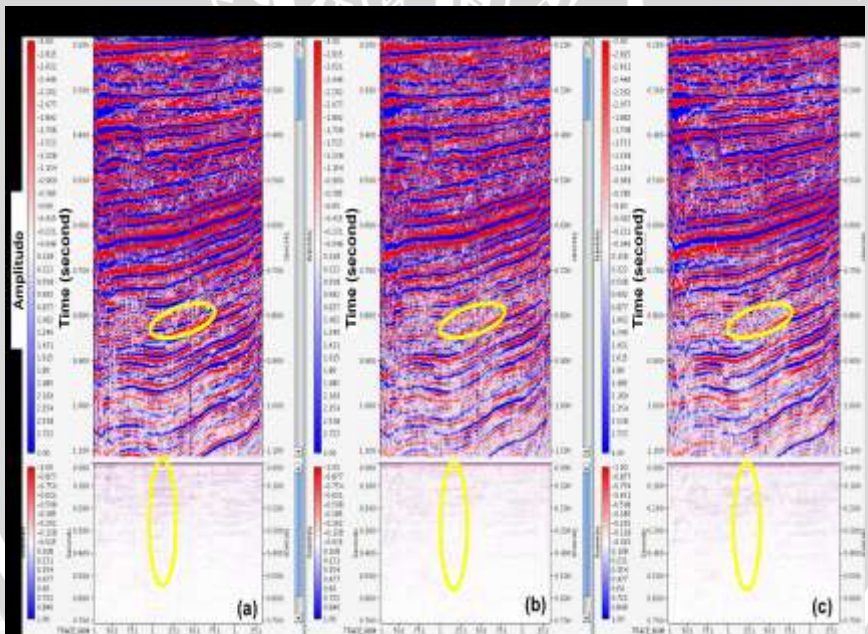


Gambar 4. 26 *Overlay spectral analysis* data seismik 2D laut: Merah = sebelum dekonvolusi, Biru = setelah dekonvolusi $t - x$, Hijau = setelah dekonvolusi $\tau - p$ linear.

Pada data seismik laut 2D (gambar 4.3), pereduksian multipel juga dapat dinilai melalui perbandingan *spectral analysis* (gambar 4.25). Penghalusan grafik yang terbentuk pada *spectral analysis* juga nampak setelah proses dekonvolusi (gambar 4.25b dan 4.25c). Hasil dekonvolusi $\tau - p$ linear (gambar 4.25c) nampak lebih *smooth* dibandingkan dengan dekonvolusi $t - x$ (gambar 4.25b). Hal ini menunjukkan pereduksian multipel berjalan dengan baik untuk dekonvolusi $\tau - p$ linear. Kawasan frekuensi untuk hasil dekonvolusi $\tau - p$ linear berbeda dengan frekuensi data sebelum dan setelah dekonvolusi $t - x$ yang ditunjukkan oleh gambar 4.26 yang merupakan *overlay* dari ketiga *spectral analysis* pada gambar 4.25. *Sampling rate* 4 ms pada data membuat frekuensi *nyquist* bernilai sebesar 125 Hz. Sedangkan frekuensi maksimum pada hasil dekonvolusi $\tau - p$ linear adalah 90 Hz. Nilai tersebut lebih kecil daripada frekuensi *nyquist* data untuk menghindari *noise* yang diperkirakan berada pada kawasan frekuensi di atas 90 Hz.

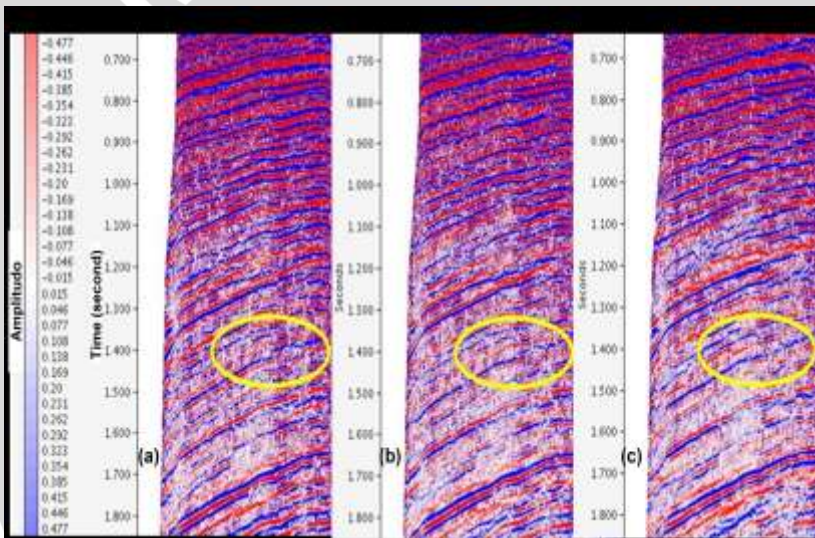
4.4.3 *Stack*

Hasil penampang *stack* mampu menunjukkan pereduksian multipel yang terjadi setelah proses dekonvolusi. Pereduksian multipel yang terjadi setelah dekonvolusi $t - x$ dan $\tau - p$ linear dapat dibandingkan berdasarkan penampang *stack* data seismik laut 2D seperti pada gambar 4.27. Gambar 4.27 merupakan penampang *stack* sebelum, setelah dekonvolusi $t - x$ dan dekonvolusi $\tau - p$ yang diperbesar pada kedalaman 200 ms hingga 1100 ms. Berdasarkan gambar 4.27, pada kedalaman 500 ms dan 820 ms terlihat perbedaan antara ketiganya. Bagian yang dilingkari warna kuning diindikasikan sebagai multipel, yang kemudian dapat tereduksi oleh proses dekonvolusi. Pereduksian multipel secara maksimal dilakukan oleh dekonvolusi $\tau - p$ yang ditunjukkan pada gambar 4.27c. Meskipun dekonvolusi $t - x$ juga mampu mereduksi multipel yang nampak pada *raw* data (gambar 4.27a), namun tidak seoptimal pereduksian menggunakan dekonvolusi $\tau - p$ linear (gambar 4.27c).



Gambar 4. 27 (a) *Stack* sebelum dekonvolusi, (b) *Stack* setelah dekonvolusi $t - x$ dan (c) *Stack* setelah dekonvolusi $\tau - p$, lingkaran kuning menunjukkan pereduksian multipel yang terjadi.

Selain itu, dekonvolusi $\tau - p$ membuat data yang diperkirakan sebagai reflektor primer menjadi lebih menerus dibandingkan dengan data sebelum dikenai dekonvolusi dan setelah dekonvolusi $t - x$ yang dapat dilihat pada gambar 4.28. Gambar 4.28 merupakan penampang *stack* sebelum, setelah dekonvolusi $t - x$ dan dekonvolusi $\tau - p$ yang diperbesar pada kedalaman 650 ms hingga 1800 ms. Berdasarkan gambar tersebut, pada kedalaman 1400 ms terlihat perbedaan antara ketiganya. Bagian yang dilingkari warna kuning pada gambar 4.28 merupakan bentuk reflektor yang diindikasikan sebagai primer. Pada gambar 4.28c yang merupakan hasil *stack* setelah dekonvolusi $\tau - p$ terlihat bahwa reflektor lebih menerus dibandingkan gambar 4.28a dan 4.28b.



Gambar 4. 28 *Stack* sebelum dekonvolusi, (b) *Stack* setelah dekonvolusi $t - x$ dan (c) *Stack* setelah dekonvolusi $\tau - p$, lingkaran kuning menunjukkan kemenerusan reflektor.