

Metode Transformasi Hilbert untuk Menganalisis Struktur Geometri Sesar dari data Gaya Berat

Juandi MT

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau, Pekanbaru

Abstrak

Uji metoda pada data sintetik sesar (patahan) telah menunjukkan keakuratan metoda untuk patahan vertikal. Untuk uji sintetik patahan vertikal ternyata perbedaan kontas densiti menyebabkan penurunan ketelitian pada parameter h dan z , dimana penurunan tersebut dari 0,3 % menjadi 0,35% untuk h dan 0,125% untuk z . Metoda juga menunjukkan keakuratan untuk patahan niring terutama untuk sudut patahan, baik pada kedalaman atas, dan kontras densiti. Tetapi kurang baik mengestimasi kedalaman bawah patahan miring. Aplikasi metoda pada data lapangan anomali residual lembar Bengkulu memberikan estimasi kedalaman atas patahan 9,612 km, kontras densiti 0,237 gram/cm³, sudut patahan 124,5 derajat dan kedalaman bawah 39.3 km.

Kata Kunci : Struktur geometri sesar, Transformasi Hilbert

Pendahuluan

Sesar adalah struktur yang terkenal untuk permodelan dalam geofisika, karena struktur ini berperan cukup penting dalam studi gaya berat regional dan eksplorasi minyak, penambangan dan sebagainya. Anomali gaya berat dari model sesar memiliki sifat-sifat yang menarik (Heiland, 1963; Paul, Datta, dan Banerjee, 1966; Rao dan Murthy, 1978), beberapa dari model itu dapat digunakan untuk interpretasi cepat.

Salah satu metoda dalam interpretasi terhadap struktur sesar adalah dengan metoda grafitasi, karena metoda ini cukup sederhana baik dalam pengambilan data maupun dalam penafsiran data yang didapat. Sedangkan struktur sesarnya sendiri merupakan struktur yang dapat didekati dengan model benda sederhana yaitu dua lapisan horizontal dimana antara kedua lapisan dianggap tidak ada perubahan jenis batuan dan pada arah strike lapisannya tak terbatas, sedang sisi lainnya terpotong miring (Grant dan West, 1965). Mohan dkk, (1982) telah menemukan ide pemanfaatan transformasi Hilbert untuk menganalisa anomali magnetik vertikal yang disebabkan oleh beberapa benda dua dimensi. Pendekatan yang sama akan digunakan dalam penelitian ini untuk menentukan parameter parameter dari struktur sesar dua dimensi. Metoda transformasi Hilbert diuji pada model sintetik sesar dengan harga parameter yang telah diketahui. Harga parameter sintetik sesar ini akan dibandingkan dengan harga parameter hasil metoda transformasi Hilbert. Dari uji ini dapat diketahui keakuratan metoda. Dari penelitian ini juga diberikan contoh studi kasus interpretasi sesar pada data lapangan gaya berat lembar Bengkulu yang diperoleh dari Direktorat Jendral Geologi dan Sumber Daya Mineral Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. Membuat piranti lunak berdasarkan metoda Transformasi Hilbert untuk menentukan struktur sesar dua dimensi.
2. Mengujipemrograman lunak metoda Transformasi Hilbert

yang dibuat pada data lapangan sintetik sesar untuk mengetahui ketepatan metoda Transformasi Hilbert.

3. Menentukan struktur geometri dan konfigurasi yang berhubungan dengan sesar pada studi kasus daerah Bengkulu. Struktur sesar yang akan ditentukan meliputi: arah sesar (sudut sesar), kedalaman atas, kedalaman bawah, dan kontras densiti.

Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai bahan informasi bagi pemerintah dalam rencana pengembangan pemukiman penduduk dalam pembangunan proyek proyek yang berhubungan dengan daerah lajur sesar.
2. Sebagai bahan informasi tentang posisi (kedalaman) endapan mineral yang ada pada daerah lajur sesar.

Landasan Teori

Transformasi Hilbert memegang peranan penting dalam signal analitik. Diskrit Transformasi Hilbert dari $g''(x)$ adalah:

$$H(x) = 2G\rho \sin d \left[\frac{h \sin d - x \cos d}{x^2 + h^2} \right] - \left[\frac{(x-D) \cos d - z \sin d}{(x-D)^2 + z^2} \right] \dots \dots \dots (1)$$

Struktur Sesar

Sesar adalah suatu rekahan atau patahan pada batuan yang telah mengalami pergeseran sehingga terjadi perpindahan antar bagian-bagian yang berhadapan, dengan arah yang sejajar bidang patahan. Perpindahan atau pergeseran yang terjadi pada sesar, ukuran panjang maupun kedalaman daripada sesar dapat berkisar antara beberapa cm saja sampai mencapai ratusan km.

Struktur sesar merupakan salah satu strukturnya yang

$$k_3 = \frac{p(1-p)}{1-p} \dots\dots\dots(13)$$

$$p = \cot(d) \dots\dots\dots(14)$$

Kontras densiti ditentukan dengan:

$$\frac{1}{2G \sin(d)} \left[\sqrt{\frac{\{g''(0)\}^2 + \{H(0)\}^2}{A+B+C}} \right] \dots\dots\dots(15)$$

dimana:

$$A = \frac{1}{h^2} \dots\dots\dots(16)$$

$$B = \frac{D^2 + Z^2 + 4DZ \cdot \cos(d) \cdot \sin(d)}{(Z^2 + D^2)^2} \dots\dots\dots(17)$$

$$C = \frac{2\{Z + D \sin(d) \cdot \cos(d)\}}{h(Z^2 + D^2)} \dots\dots\dots(18)$$

Evaluasi Parameter sesar Vertikal

Parameter-parameter sesar vertikal diperoleh dengan mensubsitusikan nilai $d = \pi/2$ sehingga didapat :

$$h = \frac{(x_1 + x_2) \pm \sqrt{(x_1 + x_2)^2 + 4x_1x_2}}{2} \dots\dots\dots(19)$$

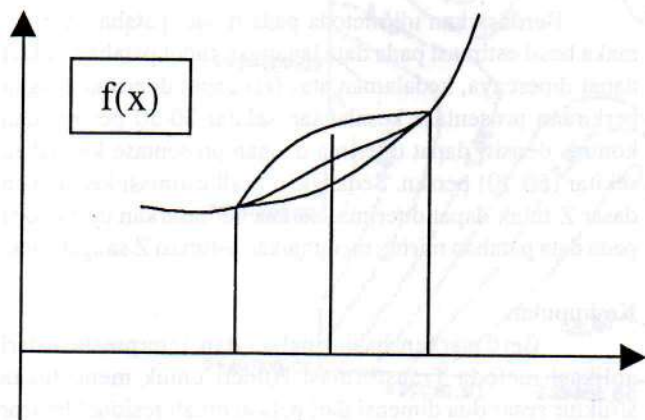
$$z = -\frac{x_1x_2}{h} \dots\dots\dots(20)$$

$$\rho = \frac{hz \sqrt{[g''(0)]^2 + [H(0)]^2}}{2G(z-h)} \dots\dots\dots(21)$$

Turunan Horizontal Orde Dua Dari Anomali Sisa

Jika suatu fungsi anomali gaya berat $f(x)$ panjangnya berhingga dan profilnya kontinu akan deferensial untuk memperoleh turunan horizontalnya, dapat didekati dengan teorema Taylor sebagai berikut :

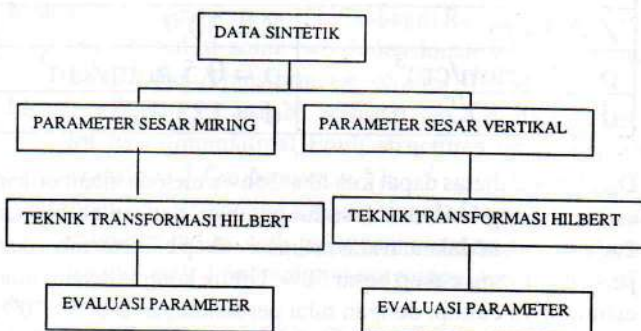
$$f'(x) = \frac{f(x_{i-1}) - 2f(x_i) + f(x_{i+1}))}{h^2} \dots\dots\dots(22)$$



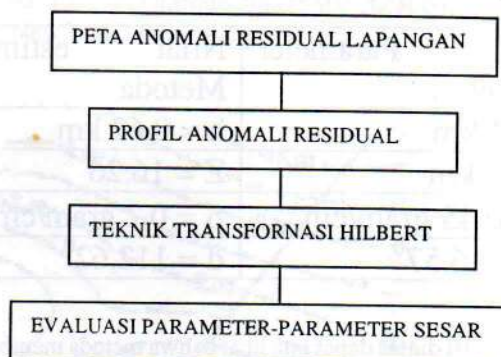
Gambar 3. Grafik fungsi pendekatan

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah simulasi program komputer untuk memperoleh parameter-parameter struktur sesar dua dimensi dengan metoda Hilbert. Sebagai data masukan adalah data pendekatan sesar baik data sintetik maupun data lapangan profil anomali residual. Keluaran dan perangkat lunak tersebut adalah harga parameter-parameter sesar meliputi : Kedalaman atas. Kedalaman bawah, kontras densiti dan sudut kemiringan.



Gambar 4. Skema simulasi uji metoda Transformasi Hilbert pada data sintetik sesar



Gambar 5. Skema aplikasi pada data lapangan anomali residual pendekatan sesar

Hasil dan Pembahasan

Uji Sintetik Patahan Miring

Tabel I. Perbandingan nilai parameter dengan nilai estimasi metoda

Nilai Model	Parameter	Nilai Metoda	estimasi
$h = 1 \text{ km}$		$h = 0,657 \text{ km}$	
$Z = 4 \text{ km}$		$Z = 11,26$	
$\rho = 1 \text{ gram/cm}^3$		$\rho = 0,5 \text{ gram/cm}^3$	
$d = 110^\circ$		$d = 106,2^\circ$	

Dari tabel diatas dapat kita lihat bahwa metoda memberikan estimasi yang baik untuk sudut patahan, dengan perbedaan 3,45%. Untuk kedalaman atas estimasi cukup baik, memberikan perbedaan sebesar 34%. Untuk kontras densiti nilai estimasinya

cukup, dengan nilai perbandingan sebesar 50%. Tetapi memberikan estimasi yang jelek untuk kedalaman dasar patahan, dengan perbedaan yang sangat besar.

Tabel II. Perbandingan nilai parameter model dengan nilai estimasi metoda

Nilai Model	Parameter	Nilai Metoda	estimasi
$h = 1 \text{ km}$		$h = 0,5 \text{ km}$	
$Z = 3 \text{ km}$		$Z = 30,9$	
$\rho = 1 \text{ gram/cm}^3$		$\rho = 0,5 \text{ gram/cm}^3$	
$d = 126,87^0$		$d = 123,32^0$	

Dari tabel II diatas dapat kita lihat bahwa metoda memberikan estimasi yang baik untuk sudut patahan, dengan perbedaan 2,8%. Untuk kedalaman atas estimasi cukup baik, memberikan perbedaan yang cukup besar 50%. Untuk kontras densiti nilai estimasinya cukup, dengan nilai perbandingan sebesar 70%. Tetapi memberikan estimasi yang jelek untuk kedalaman dasar patahan, dengan perbedaan yang sangat besar.

Tabel III. Perbandingan nilai parameter dengan nilai estimasi metoda

Nilai Model	Parameter	Nilai Metoda	estimasi
$h = 1 \text{ km}$		$h = 0,62 \text{ km}$	
$Z = 4 \text{ km}$		$Z = 16,26$	
$\rho = 0,45 \text{ gram/cm}^3$		$\rho = 0,2 \text{ gram/cm}^3$	
$d = 116,57^0$		$d = 112,62^0$	

Dari tabel III diatas dapat kita lihat bahwa metoda memberikan estimasi yang baik untuk sudut patahan, dengan perbedaan 3,4%. Untuk kedalaman atas estimasi cukup baik, memberikan perbedaan sebesar 30%. Untuk kontras densiti nilai estimasinya cukup, dengan nilai perbandingan sebesar 55%. Tetapi memberikan estimasi yang jelek untuk kedalaman dasar patahan, dengan perbedaan yang sangat besar.

Dari ketiga estimasi diatas (seperti terlihat pada tabel I sampai tabel III), dapat kita katakan bahwa : Metoda Transformasi Hilbert dapat dipercaya memberikan estimasi terbaik untuk sudut patahan, baik untuk kedalaman atas dan cukup baik untuk kontras densiti, tetapi hasil estimasinya jelek untuk kedalaman bawah patahan.

Tabel IV. Perbandingan nilai parameter dengan nilai estimasi metoda

Nilai Model	Parameter	Nilai Metoda	estimasi
$h = 0,5 \text{ km}$		$h = 0,5 \text{ km}$	
$Z = 4 \text{ km}$		$Z = 0,99 \text{ km}$	
$\rho = 1 \text{ gram/cm}^3$		$\rho = 1 \text{ gram/cm}^3$	

Tabel V. Perbandingan nilai parameter model dengan estimasi metoda.

Nilai Model	Parameter	Nilai Metoda	Estimasi
$h = 1 \text{ km}$		$h = 0,997 \text{ km}$	
$Z = 4 \text{ km}$		$Z = 4 \text{ km}$	
$\rho = 1 \text{ gram/cm}^3$		$\rho = 0,995 \text{ gram/cm}^3$	

Tabel VI. Perbandingan nilai parameter model dengan nilai estimasi metoda

Nilai Model	Parameter	Nilai Metoda	Estimasi
$h = 1 \text{ km}$		$h = 0,99647 \text{ km}$	
$Z = 4 \text{ km}$		$Z = 4,005 \text{ km}$	
$\rho = 0,45 \text{ gram/cm}^3$		$\rho = 0,488 \text{ gram/cm}^3$	

Dari ketiga tabel estimasi diatas (seperti terlihat pada tabel IV sampai tabel VI), dapat kita katakan bahwa : metoda Transformasi Hilbert dapat dipercaya memberikan estimasi terbaik untuk model patahan vertikal.

Aplikasi transformasi hilbert pada data lapangan

Data lapangan yang diinterpretasi kan adalah peta anomali residual lembar Bengkulu (Gambar 6). Untuk melakukan interpretasi parameter patahan maka, terlebih dahulu ditarik penampang (profil) A-B (Gambar 6). Yang selanjutnya akan diestimasi parameter patahannya berdasarkan metoda Transformasi Hilbert.

Tabel VII. Nilai Estimasi data lapangan.

Niali estimasi metoda
$h = 9,612$
$Z = 39,3$
Densiti (ρ) = $0,237 \text{ gram/cm}^3$
Sudut kemiringan (d) = $124,5^0\text{C}$

Berdasarkan uji metoda pada model patahan miring, maka hasil estimasi pada data lapangan sudut patahan sangat dapat dipercaya, kedalaman atas (H) dapat diterima dengan perkiraan prosentase kesalahan sekitar 30-50 persen, dan kontras densiti dapat diterima dengan prosentase kesalahan sekitar (50-70) persen. Sedangkan hasil estimasi kedalaman dasar Z tidak dapat diterima, karena berdasarkan uji metoda pada data patahan miring menunjukan estimasi Z sangat jelek.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan interpretasi dari aplikasi metoda Transformasi Hilbert untuk menentukan struktur sesar dua dimensi dari peta anomali residual lembar Bengkulu dapat diberikan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

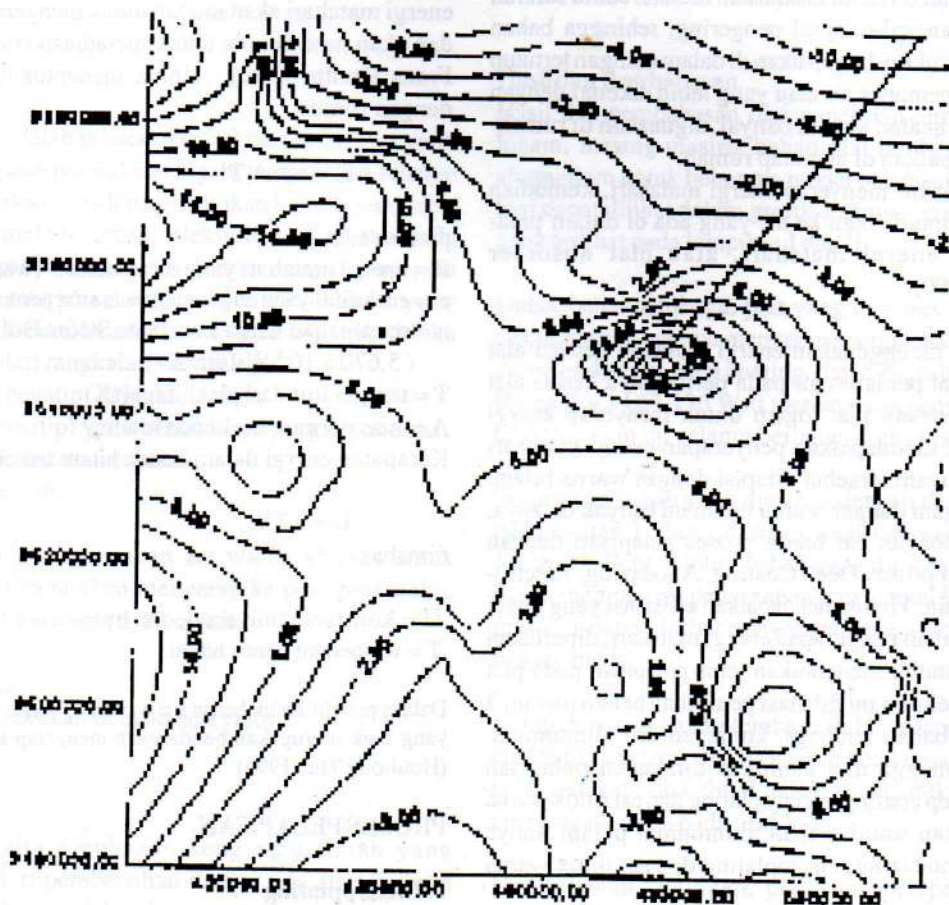
1. Untuk uji sintetik patahan vertikal ternyata perbedaan

kontras densiti menyebabkan penurunan ketelitian pada parameter h dan z , dimana penurunan tersebut 0,3% menjadi 0,35 % untuk h dari 0% menjadi 0,12% untuk z .

2. Metoda Transformasi Hilbert sangat jelek memberikan estimasi kedalaman bawah patahan miring. Sehingga estimasi kedalaman bawah (z) dari patahan miring tidak dapat diterima.
3. Metoda Transformasi Hilbert memberikan estimasi sudut patahan miring dengan prosentase kesalahan berkisar (3-4) persen. Sehingga estimasi sudut (d) dari patahan miring dapat diterima.
4. Metoda Transformasi Hilbert memberikan estimasi kedalaman atas (h) patahan miring, dengan prosentase kesalahan berkisar (30-50) persen.
5. Metoda Transformasi Hilbert memberikan estimasi kontras densiti aptahan miring, dengan prosentase kesalah berkisar 50 persen.
6. Aplikasi metoda Transformasi Hilbert pada data residual lapangan anomali lembar Bengkulu telah berhasil memberikan estimasi kedalam atas ($h = 9,612$ km, kontras densiti = $0,237$ gram/cm³, sudut (d) = $124,5$ derajat dan kedalaman bawah $z = 39,3$ km). Berdasarkan uji metoda, maka nilai estimasi kedalaman bawah z data lapangan tidak dapat diterima.

Referensi

- Chapra, S.C., and Canela, R.P., 1998. Numerical Methode for Engineers, Second edition, McGraw Hill.
- Gafoer, S Amin, TC., dan Pardede., R. 1992, Geologi lembar Bengkulu, Sumatra, Pusat penelitian dan pengembangan geologi.
- Gold, B Rader, C.M., 1969: Digital Processing of Signal. New York, McGraw Hill.
- Jung, K., 1961: Schwerkraftverfahren in der angewandten, Geophysik, Gesst and Portig.
- Mohan, N.L., Sundararajan, N., Seshagiri Rao, S.V., 1982: Interpretation of some two dimensional magnetic bodies using Hilbert Transform, Geophysics 37, 507-512.
- Mohan, N.L., Sundararajan, N., Seshagiri Rao, S.V., 1983: Gravity iof two dimensional Foulst structures using Hilbert Transform. J. Geophysics, v. 53.
- Nabighian, I.N., 1972: The analytic signal of two dimensional magnetic bidies with polygonal cross section, and use for automated anomaly interpretation, Geophysics 47, 379-387
- Stanley, J.M., Green, R., 1876: Gravity Gradients and the interpretation of the truncated plate, Geophysics 41, 120-1289.
- Stanley, J.M., 1976: Simplified gravity Interpretation by Gradient geological contact palte, Geophysics 42. 1230-1235.
- Thomas, J.B., : An introduction to statistical comunic theory. New York : Jhon Wiley and sons.



Gambar 6. Peto anomali residual lembar Bengkulu