

## Estimasi Ketebalan Sedimen dan Kedalaman Diskontinuitas Mohorovicic Daerah Jawa Timur dengan Analisis Power Spectrum Data Anomlai Gravitasi

Rina Dwi Indriana

MIPA – FISIKA Universitas Diponegoro Semarang

### Abstarct

Gravitation anomaly research had been done to predict the depth of sediment. The gravitation research covered East Java from north coast to south coast, Indonesia. By using power spectrum method the average of sediment depth could predicted. Power spectrum method based on FFT theorem. A Short wavelength signal was correspond to narrow source and a long waveleght signal corresponds with shallow source. The power spectrum result was two discontinuities. The depth of narrow discontinuity is 2,7 km and 25,6 for the shallow continuity. The shallow discontinuity predicted as Mohorovicic layer.

Keyword: power spectrum, gravitation anomaly, discontinuity

### Intisari

Telah dilakukan kajian data anomali medan gravitasi dengan analisis power spectrum yang bertujuan untuk memperkirakan ketebalan sedimen serta kedalaman rata-rata diskontinuitas moho daerah Jawa Timur. Data anomali gravitasi di transformasikan ke dalam kawasan frekuensi menggunakan transformasi Fourier. Sinyal yang berupa panjang gelombang pendek (short wavelength signal) berasal dari sumber dangkal, sedangkan sinyal dengan panjang gelombang yang lebih panjang (long wavelength signal) berasal dari sumber yang lebih dalam. Hasil analisis power spectrum menunjukkan 2 diskontinuitas yang masing-masing pada kedalaman rata-rata 2,7 km dan 25,6 km. Diskontinuitas dangkal berkaitan dengan kedalaman batuan dasar cekungan sedimentasi Tersier, sedangkan diskontinuitas yang lebih dalam merupakan diskontinuitas Mohorovicic.

Kata-kata kunci : Power spectrum, anomali gravitasi , diskontinuitas

### Pendahuluan

Pada penelitian ini dilakukan kajian data anomali medan gravitasi Bouguer dengan analisis *power spectrum* yang bertujuan untuk memperkirakan ketebalan sedimen Tersier serta kedalaman rata-rata diskontinuitas Moho daerah Jawa Timur. Menurut penelitian serupa sebelumnya kedalaman bidang diskontinuitas dangkal dan dalam untuk Jawa Timur ada pada kedalaman 3,1 km dan 20 km [1]; 2,5 km dan 16,7 km [2]. Beberapa peneliti seperti Yulianto dan Waluyo serta Brotopuspito dkk, pada tahun 2007 telah melakukan penelitian penjalaran gelombang seismik untuk menentukan kedalaman diskontinuitas mohorovicic di daerah Yogyakarta. Penelitian tersebut masing-

masing menghasilkan kedalaman diskontinuitas Mohorovicic sebesar 20,8 km dan 23,4 km. Berdasarkan penelitian seismik Ben-Avraham dan Emery pada tahun 1973 diskontinuitas *mohorovicic* Jawa ada pada kedalaman kira-kira 23 km

### Dasar Teori

Analisis *spectrum* adalah analisis harmonik yang digunakan untuk menganalisis fenomena osilator harmonik di alam. Analisis ini bertujuan untuk mendapatkan distribusi *spectrum* dari fenomena osilator dan untuk menunjukkan karakteristik statistiknya.

Pada analisis *spectrum* 1 dimensi data anomali medan gravitasi pada satu penampang lintang (*cross section*)

ditransformasikan ke dalam deret Fourier yaitu [1]:

$$\Delta\bar{g}(x_i) = \sum_{n=0}^N \lambda_n \left( A_n \cos \frac{n\pi x_i}{L} + B_n \sin \frac{n\pi x_i}{L} \right) \quad (2.1)$$

dengan  $N$  adalah jumlah maksimum data pada arah  $x$ ,  $n$  adalah  $0,1,2,3,\dots$ ,  $A_n$  adalah koefisien suku cosinus,  $B_n$  adalah koefisien suku sinus,  $L$  adalah setengah panjang interval cuplikan,  $x_i$  adalah interval cuplik dalam arah  $x$ ,  $\lambda_n = 1/2$  untuk  $n = 0$ , dan  $\lambda_n = 1$  untuk  $n > 0$ .

Dengan metode kwadrat terkecil diperoleh:

$$A_n = \frac{2}{K} \sum_{k=0}^K \Delta g_k(x_i) \cos n\pi \left( \frac{2k}{K} - 1 \right) \quad (2.2)$$

$$B_n = \frac{2}{K} \sum_{k=1}^K \Delta g_k(x_i) \sin n\pi \left( \frac{2k}{K} - 1 \right) \quad (2.3)$$

dengan:

$$K = \frac{2L}{x_i} = \text{harga indeks maksimum dari}$$

titik sampling ke arah  $x$

$$x_i = \left( \frac{2k}{K} - 1 \right) L$$

$k$  = indeks titik sampling pada arah  $x$ .

Logaritma *power spectrum*  $E_n$  dapat diperoleh dari persamaan (2.2) dan (2.3) adalah:

$$\text{Log} E_n = \text{Log} (A_n^2 + B_n^2)$$

Persamaan *power spectrum* untuk 1 dimensi dapat ditulis sebagai berikut:

$$E_n = (A_n^2 + B_n^2) \quad (2.4)$$

Persamaan Kedalaman Bidang Diskontinuitas Rapat Massa

Anomali medan gravitasi merupakan superposisi dari anomali medan gravitasi regional dan anomali medan gravitasi lokal (residual). Anomali medan gravitasi regional yang menggambarkan kondisi geologi umum daerah penelitian dicirikan oleh anomali berfrekuensi rendah,

sedangkan anomali lokal dicirikan oleh anomali berfrekuensi tinggi.

Hubungan dalam kawasan frekuensi antara anomali medan gravitasi dengan distribusi densitas di sepanjang bidang batas yang terdapat kontras densitas [1] dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\Delta g(\omega) = 2\pi G \Delta \rho(\omega) e^{-\omega d} \quad (2.5)$$

dengan  $\Delta g(\omega)$  adalah frekuensi respon dari anomali medan gravitasi,  $\Delta \rho(\omega)$  adalah frekuensi respon dari kontras densitas,  $d$  adalah kedalaman bidang batas dari *spheroid reference*, dan  $\omega$  adalah frekuensi sudut.

Jika distribusi densitas acak dan tidak ada hubungan dengan tiap nilai gravitasi, frekuensi responnya dapat bernilai  $\Delta \rho(\omega) = 1$ , maka diperoleh:

$$E_n = C e^{-2\omega |d|} \quad (2.6)$$

dengan  $C$  adalah konstanta,  $\omega = 2\pi k$  adalah frekuensi sudut,  $k$  adalah bilangan gelombang (cycle/meter),  $d$  adalah kedalaman bidang batas di bawah *reference spheroid*.

Persamaan (2.6) dapat ditulis:

$$\text{Log} E = \text{Log} C - 2\omega |d| \quad (2.7)$$

Dua harga logaritma yang merupakan selisih dari dua *power spectrum* pada persamaan (2.7), diperoleh:

$$|d| = -\frac{1}{4\pi} \frac{\text{Log} E_1 - \text{Log} E_2}{k_1 - k_2} = \frac{1}{4\pi} \tan \phi \quad (2.8)$$

dengan  $E_1$  dan  $E_2$  adalah *power spectrum*,  $k_1$  dan  $k_2$  adalah bilangan gelombang, dan  $\phi$  adalah sudut kemiringan garis kurva *power spectrum*. Persamaan (2.8) menunjukkan bahwa kedalaman rata – rata dari bidang diskontinuitas adalah

sebanding dengan gradien kemiringan kurva *power spectrum*.

#### Metode Penelitian

Pada peta anomali medan gravitasi Bouguer Jawa Timur dibuat beberapa lintasan sayatan penampang lintang (*slicing*) untuk mendapatkan profil anomali. Data anomali pada satu lintasan selanjutnya ditransformasikan ke kawasan frekuensi dengan mempergunakan DFFT 1-D. Kemudian dengan menggunakan program dalam *Matlab* dihitung nilai *power spectrum* dan bilangan gelombang. Kemudian dibuat grafik hubungan antara bilangan gelombang dengan *power spectrum*. Dari grafik akan diperoleh 2 gradien (kemiringan) yang mencerminkan kedalaman 2 bidang diskontinuitas (ketidakselarasan). Kurva pada frekuensi rendah mencerminkan diskontinuitas dalam sedangkan kurva pada frekuensi tinggi mencerminkan diskontinuitas dangkal.

Pengoperasian program *Power Spectrum* diawali dengan memasukkan nama data masukan yang berupa data posisi lintasan 1-D dan anomali medan gravitasi dengan format *text* ke dalam *listing* program. Kemudian program dijalankan (*Run*) lalu memasukkan nilai spasi antar titik – titik lintasan. Program akan menghitung nilai *power spectrum* dan bilangan gelombang dan memplotkan ke dalam grafik hubungan antara bilangan gelombang dengan *power spectrum*. Kemudian dilakukan pencocokan 2 garis yang mencerminkan 2 kemiringan. Program akan menghitung 2 nilai kedalaman diskontinuitas berdasarkan kemiringan 2 garis tersebut.

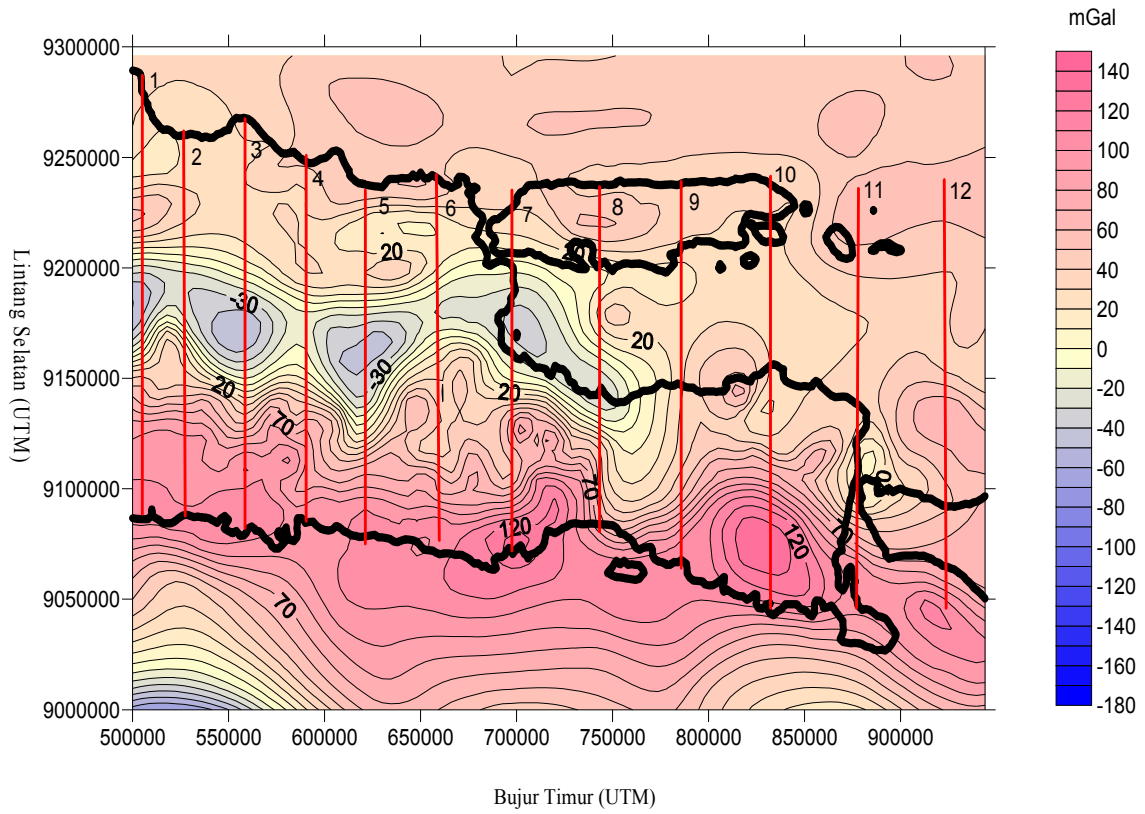
Listing program *power spectrum* adalah sebagai berikut:

```
function spektrum1d(data)
clf
disp('jarak dalam meter !
');
load('s112.txt');
x=s112(:,1);
```

```
y=s112(:,2);
sp=input('spacing ? ');
xi=min(x):sp:max(x);
yi=spline(x,y,xi);
plot(xi,yi,'ro')
data=yi;
n=length(y);
D=fft(data);
D(1)=0;
pwr=abs(D(1:round(n/2))).^2
freq=(1:length(pwr))/(n/2)*1
/(2*sp)
semilogy(freq,(pwr),'.');
hold
disp('lihat gambar ! ');
%batas atas & bawah
diskontinuitas dalam
b=[3.8e-006 3.0e-005];
k=[6.4e+6 17028 ];
%batas atas & bawah
diskontinuitas dangkal
c=[2e-005 11.51e-5];
l=[25240 2950];
[d,f]=polyfit(b,log((k).^2),
1);
[e,g]=polyfit(c,log((l).^2),
1);
depthdeep=(d(1)/(4*pi));
depthshallow=(e(1)/(4*pi));
semilogy(b,(k),'r');
semilogy(c,(l),'r');
ylabel('power spektrum')
xlabel('cycle/meter')
dis1=['assumed deep depth :
',num2str(depthdeep) '
meter.'];
dis2=['assumed shallow
depth :
',num2str(depthshallow) '
meter.'];
disp(dis1)
disp(dis2)
```

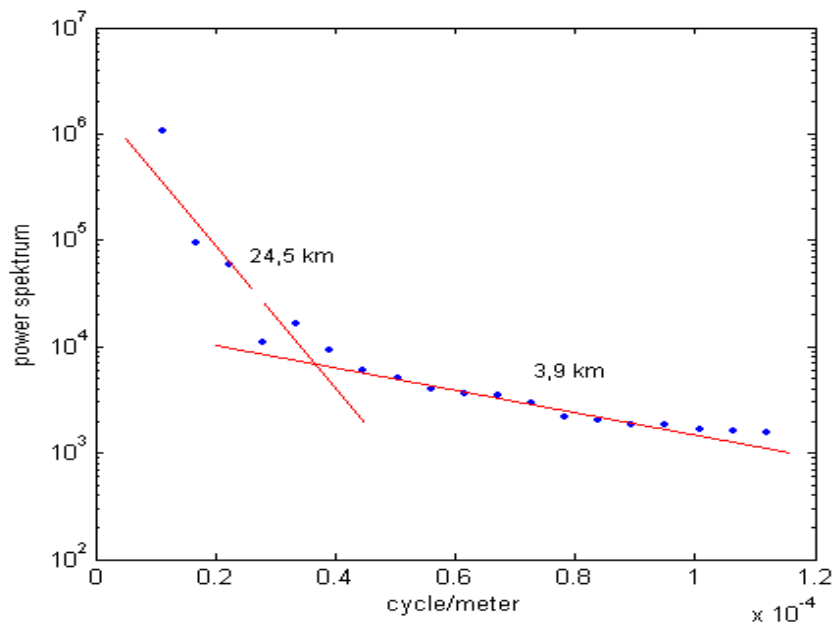
#### Hasil dan Pembahasan

Dengan membuat 12 lintasan pada peta anomali gravitasi Jawa Timur (gambar 4.1) dilakukan analisis *power spectrum*.

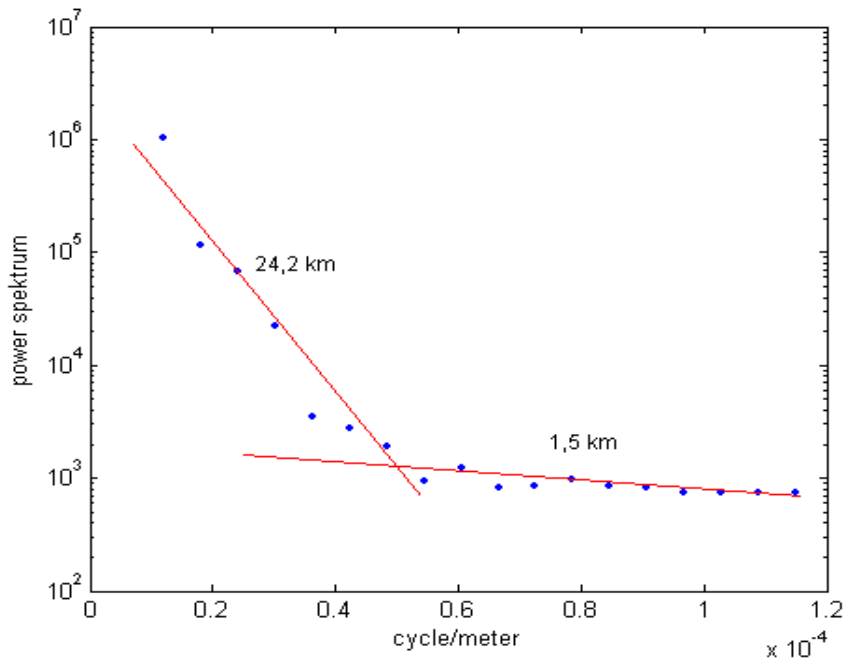


Gambar 4.1 Peta kontur anomali medan gravitasi Bouguer Jawa Timur dengan lintasan-lintasan *slicing* untuk analisis *power spectrum*

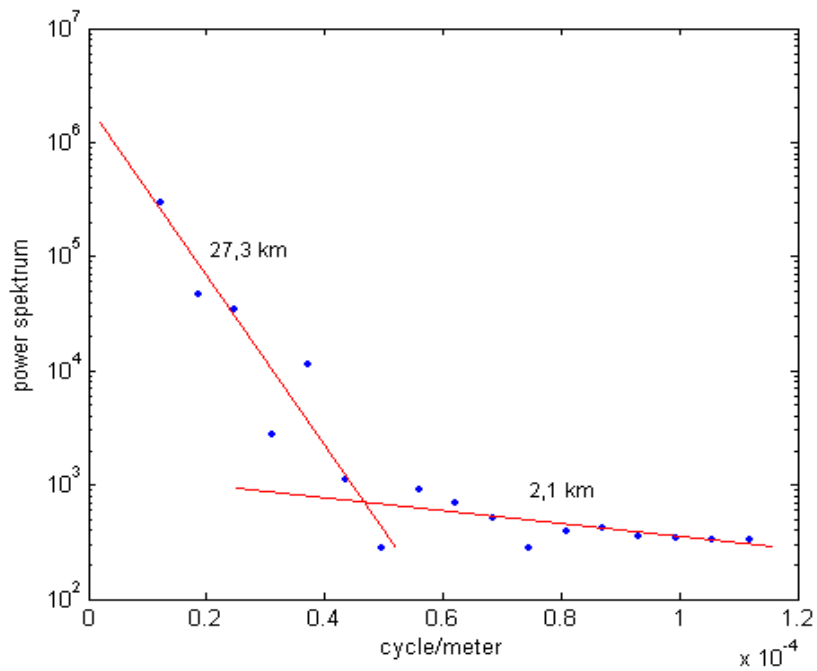
hasil analisis *power spectrum* adalah:



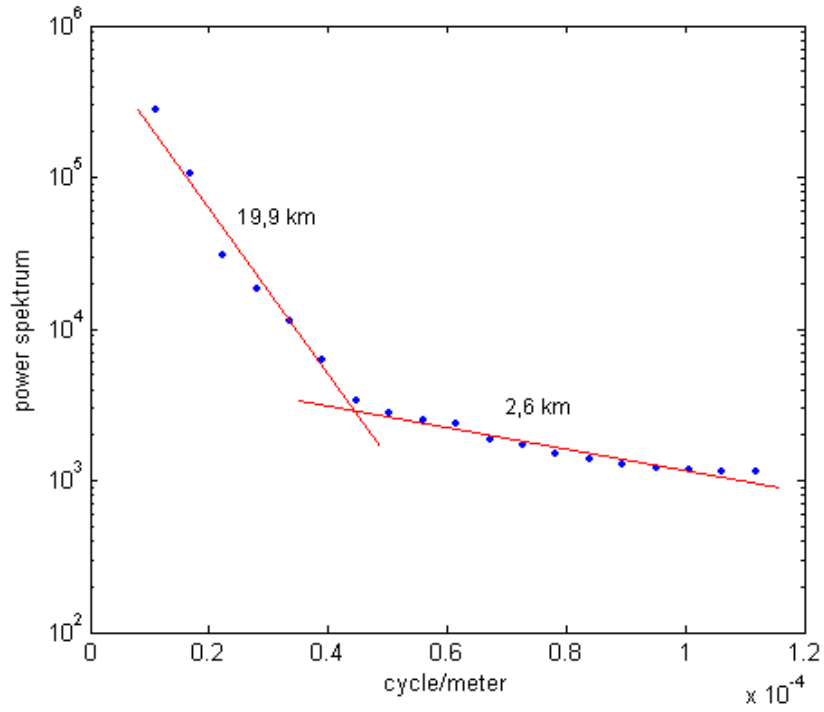
Gambar 4.2. Analisis *power spectrum* lintasan 2 Jawa Timur



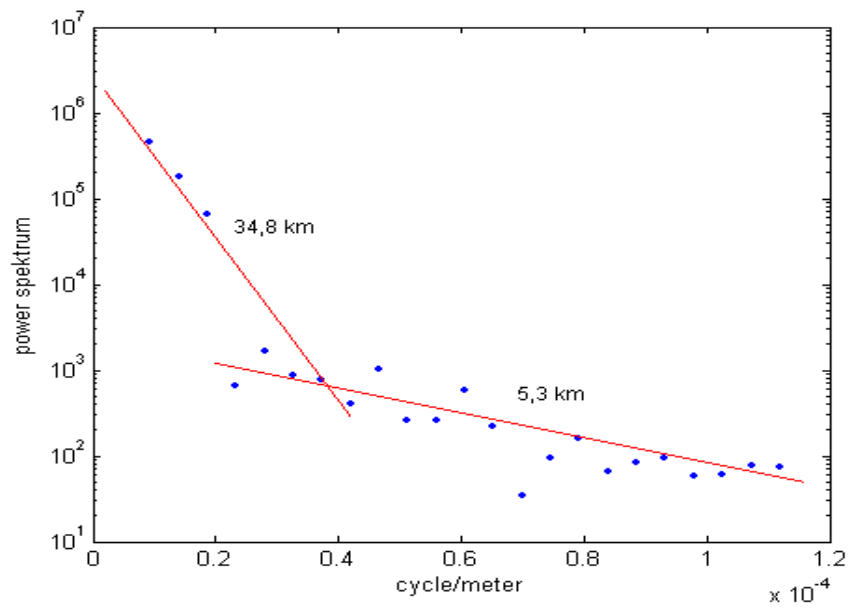
Gambar 4.3. Analisis *power spectrum* lintasan 5 Jawa Timur



Gambar 4.4. Analisis *power spectrum* lintasan 8 Jawa Timur



Gambar 4.5 Analisis *power spectrum* lintasan 9 Jawa Timur



Gambar 4.6 Analisis *power spectrum* lintasan 11 Jawa Timur

Tabel 4.1 Kedalaman rata-rata diskontinuitas dangkal dan dalam Jawa Timur

No. Lintasan	Kedalaman Diskontinuitas Dangkal (km)	Kedalaman Diskontinuitas Dalam (km)
Lintasan 1	2,5	23,4
Lintasan 2	3,9	24,5
Lintasan 3	1,7	23,0
Lintasan 4	2,0	24,2
Lintasan 5	1,5	24,2
Lintasan 6	2,6	30,7
Lintasan 7	2,3	23,3
Lintasan 8	2,1	27,3
Lintasan 9	2,6	19,9
Lintasan 10	3,7	37,4
Lintasan 11	5,3	34,8
Lintasan 12	2,4	14,9
<b>Rata-rata</b>	<b>2,7</b>	<b>25,6</b>

Dari tabel 4.1 nilai kedalaman bidang diskontinuitas dangkal dan dalam rata-rata untuk Jawa Timur adalah 2,7 km dan 25,6 km. Nilai bidang diskontinuitas dalam tersebut relatif konsisten terhadap kedalaman *moho* berdasarkan survei seismik yang dilakukan oleh Ben Avraham dan Emery pada tahun 1973 dan Raitt pada tahun 1967. Sedangkan untuk bidang diskontinuitas dangkal kurang sesuai dengan ketebalan sedimen *Tersier* Jawa Timur karena ketebalan sedimen zona Kendeng mencapai 6 km. Hal ini kemungkinan disebabkan karena lapisan sedimen *Tersier* bagian bawah sudah mengalami kompaksi lebih lanjut sehingga nilai rapat massa menyamai harga rapat massa batuan dasar *Pratersier* [2].

Pada proses estimasi kedalaman diskontinuitas di atas diperoleh nilai kedalaman bidang diskontinuitas rata-rata mendekati nilai yang diperoleh dari hasil penelitian sebelumnya. Di beberapa lintasan diperoleh nilai kedalaman diskontinuitas dalam yang lebih besar tetapi secara umum kedalaman yang diperoleh masih sesuai dengan kedalaman daerah busur kepulauan pada umumnya. Tabel 4.2 memperlihatkan perbandingan hasil-hasil kedalaman diskontinuitas di

Jawa Timur yang diperoleh berdasarkan analisis *power spectrum* yang dilakukan pada beberapa penelitian termasuk pada penelitian ini.

Tabel 4.2 Kedalaman diskontinuitas di Jawa Timur berdasarkan hasil analisis *power spectrum* pada beberapa penelitian

No.	Penelitian	Diskontinuitas Dangkal (km)	Diskontinuitas Dalam (km)
1	Untung dan Sato, 1978	3,1	20,0
2	Widianto dkk., 2008	2,5	16,7

Perbedaan hasil-hasil tersebut diperkirakan karena pengaruh perbedaan data yang digunakan, perbedaan proses digitasi, perbedaan posisi lintasan *slicing*, serta jumlah lintasan *slicing* yang dianalisis. Pada penelitian yang dilakukan Untung dan Sato pada tahun 1978 dan Widianto pada tahun 2008, daerah Madura tidak dimasukkan dalam analisis, sedangkan dalam penelitian ini analisis memasukkan daerah Madura serta bagian barat pulau Bali.

### Kesimpulan

Hasil analisis *power spectrum* menunjukkan 2 diskontinuitas yang masing-masing pada kedalaman rata-rata 2,7 km dan 25,6 km. Diskontinuitas dangkal berkaitan dengan kedalaman batuan dasar cekungan sedimentasi Tersier, sedangkan diskontinuitas yang lebih dalam merupakan diskontinuitas Mohorovicic.

### Daftar Pustaka

- [1] Untung, M. , Sato, Y., 1978, *Gravity and Geological Studies in Jawa, Indonesia*. Geological Survey of Indonesia & Geological Survey of Japan.
- [2] Widiyanto, E.,2008, *Penentuan Konfigurasi Struktur Batuan Dasar dan Jenis Cekungan dengan Data Gayaberat serta Implikasinya pada Target Eksplorasi Minyak dan Gas Bumi di Pulau Jawa*, Disertasi S-3 ITB, Bandung.
- [3] Blakely, R. J.,1995,*Potential Theory in Gravity & Magnetic Aplications*, 1<sup>st</sup>edition, New York,USA, Cambridge University States.
- [4] Budiman, I., Nasution, J., Sobari, Simamora, W.H., 2000, *Gravity anomaly map of western part of Indonesia*, Bandung, *Indonesia Geological Research and Development Center*.
- [5] Dampney, C.N.G., 1969, *The Equivalent Suorce Technique*, Geophysics. V.34, No.1, p.39-53.
- [6] Darman, H., Sidi H. F., 2000, *An Outline of The Geology of Indonesia*, IAGI
- [7] Fitch, T.J., 1970, *Earthquake mechanism and island arc tectonics in Indonesia –Philippinne Region*, Seism. Soc. Amer. Bull.,v.60,p 565 – 591.
- [8] Katili, J.A.,1973, *Volcanism and Plate Tectonics in Indonesian Island Arc*, Tectonophys., v.26.,p 165 – 188.
- [9] Lilie, J. R., 1999, *Whole Earth Geophysics : An Introductory textbook for geologists and geophysicist*, New Jersey, Prentice – Hall.
- [10] Magetsari, N. A.-, *Geologi Fisik*, Bandung, Penerbit ITB.
- [11] Sharaf, F.E., 2005, *Biostratigraphy and strontium isotope dating of Oligocene – Miocene strata, East Java, Indonesia*, Stratigraphy, vol, no. 3.
- [12] Telford, W. M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., Keys D.A., 1979. *Applied Geophysics 1<sup>st</sup> edition*. Cambridge University Press.
- [13] Telford, W. M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., Keys D.A., 1990. *Applied Geophysics 2<sup>st</sup> edition*. Cambridge University Press.
- [14] [http://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get\\_data.cgi](http://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_data.cgi)