

MEMBANGUN FILTER BERDASARKAN MODEL AMBLESAN DAN DINAMIKA MUKA AIR TANAH UNTUK MEMISAHKAN SUMBER ANOMALI GAYA BERAT MIKRO ANTAR WAKTU

Supriyadi

*Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Semarang
pryfis@yahoo.com*

Abstract

Filter has been fabricated based on the model of microgravity two sources of anomalies over time, ie subsidence and groundwater level dynamics. Model adjusted for field conditions with several assumptions, one of which is the porosity of the aquifer consists of homogeneous sand and clay sand is 30% filled with water. Gravity response due to subsidence, soil water dynamics and combined the two done 2D FFT. FFT process is changing the data from the spatial region to region frekuensi. Furthermore, the filter is built by performing mathematical operations division, which is output divided by input. The output data of the gravity response due to subsidence or ground water dynamics, and input is combined response and the dynamics of gravity due to subsidence of ground water. Experimental results show that in order to create a filter that gives a small error when using filters subsidence dimensional (XY) of the same or greater dimension of subsidence are filtered. Differences dimensional subsidence subsidence filter with a filter at $X = 100$ m and $Y = 100$ m gives 1.744% error. Giving a small error when using filters subsidence dimension (Z) the same or smaller dimensions are filtered subsidence. Differences dimensional subsidence subsidence filter with a filter of 1 cm gives 7.322% error. For the case of subsidence of more than one location indicates that the smallest error occurs if you use the filters subsidence dimension equal to - average dimensions of subsidence to be filtered.

Keywords: filter, subsidence, groundwater

Abstrak

Telah dilakukan pembuatan filter berdasarkan model dua sumber anomali gayaberasat mikro antar waktu, yaitu amblesan dan dinamika muka airtanah. Model disesuaikan dengan kondisi lapangan dengan beberapa asumsi, salah satunya adalah porositas akuifer yang terdiri dari pasir dan pasir lempungan homogen sebesar 30 % terisi penuh oleh air. Respon gaya berat akibat amblesan, dinamika air tanah dan gabungan keduanya dilakukan FFT 2D. Proses FFT ini mengubah data dari kawasan spasial ke kawasan frekuesni. Selanjutnya filter dibangun dengan cara melakukan operasi matematika pembagian, yaitu output dibagi dengan input. Output berupa data respon gayaberasat akibat amblesan atau dinamika air tanah, dan input adalah respon gabungan gaya berat akibat amblesan dan dinamika air tanah. Hasil uji coba menunjukkan bahwa untuk membuat filter yang memberikan kesalahan kecil jika menggunakan dimensi amblesan filter (XY) yang sama atau lebih besar dimensi amblesan yang difilter. Perbedaan dimensi amblesan filter dengan amblesan yang difilter sebesar $X=100$ meter dan $Y= 100$ meter memberikan kesalahan 1,744 %. Memberikan kesalahan kecil jika menggunakan dimensi amblesan filter (Z) yang sama atau lebih kecil dimensi amblesan yang difilter. Perbedaan dimensi amblesan filter dengan amblesan yang difilter sebesar 1 cm memberikan kesalahan 7,322 %. Untuk kasus amblesan lebih dari satu lokasi menunjukkan bahwa kesalahan terkecil terjadi jika menggunakan dimensi amblesan filter yang besarnya sama dengan rata – rata dimensi amblesan yang akan difilter

Keywords: filter, amblesan, air tanah

PENDAHULUAN

Metode gayaberat mikro antar waktu merupakan pengembangan dari metode gayaberat dengan dimensi keempatnya adalah waktu. Prinsip dari metode ini adalah pengukuran gayaberat secara berulang baik harian, mingguan, bulanan maupun tahunan dengan menggunakan gravimeter yang teliti dalam orde μGal dan pengukuran elevasi yang teliti [1]. Adanya perubahan atau perbedaan hasil gayaberat observasi pada periode pertama dengan periode berikutnya disebut dengan anomali gayaberat mikro. Perubahan gayaberat observasi dapat disebabkan oleh adanya dinamika di sekitar titik amat, seperti perubahan kedalaman muka air tanah dan amblesan tanah.

Kenyataan bahwa bumi mendekati bentuk *spheroid*, relief permukaan bumi tidak rata, berotasi dan berevolusi dalam sistem matahari mengakibatkan adanya variasi gayaberat di setiap titik pengukuran di permukaan bumi. Telford dkk., (1990) menyatakan bahwa ada lima hal yang mempengaruhi perubahan nilai gayaberat di suatu titik, yaitu : (1) lintang, (2) elevasi, (3) pasang surut, (4) topografi dan (5) variasi rapat massa bawah permukaan. Sehingga pembacaan g_{obs} di permukaan berhubungan dengan kelima faktor tersebut[4]. Faktor 1, 2 dan 3 masing – masing dapat dikoreksi dengan koreksi lintang, koreksi elevasi, dan koreksi pasang surut. Sedangkan faktor 4 dan 5 merupakan target anomalnya. Faktor 5 di daerah penelitian disebabkan oleh perubahan kedalaman muka air tanah dan beban bangunan. Setelah dikoreksi dengan faktor – faktor yang lainnya, maka anomali yang diukur di permukaan merupakan superposisi dari 4 dan 5. Oleh karena itu memisahkan faktor 4 dan 5 merupakan permasalahan yang perlu diselesaikan. Salah satu teknik untuk pemisahan ini adalah dengan mengaplikasikan suatu filter

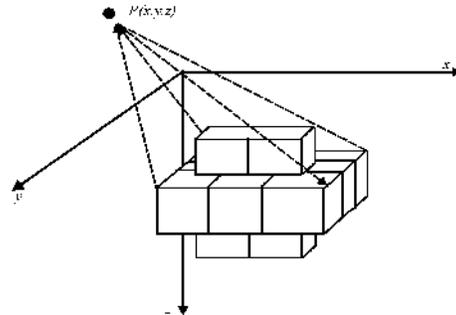
tertentu. Filter yang telah dibuat berdasarkan parameter model sumber anomali yang disebut dengan MBF (*Model Based Filter*). Parameter tersebut adalah dimensi amblesan, perubahan kedalaman muka air tanah dan perubahan rapat massa bawah permukaan.

Model benda menggunakan kumpulan dari beberapa prisma sisi tegak yang akan memudahkan untuk menghitung volume dari benda seperti pada Gambar 1. Dengan menggunakan prinsip superposisi, anomali gayaberat dari bodi pada setiap titik akan diperoleh dengan menjumlahkan efek pada setiap prisma. Untuk setiap benda prisma sisi tegak yang mempunyai harga rapat massa yang homogen dan nilai anomaly gayaberat oleh Plouff (1976)[3] dirumuskan sebagai berikut :

$$g = G\rho \sum \sum \sum \mu_{ijk} \begin{bmatrix} z_k \arctan \frac{x_i y_i}{z_k R_{ijk}} - x_i \log(R_{ijk} + y_i) \\ -y_i \log(R_{ijk} + x_i) \end{bmatrix} \quad (1)$$

dengan $R_{ijk} = \sqrt{x_i^2 + y_j^2 + z_k^2}$ dan

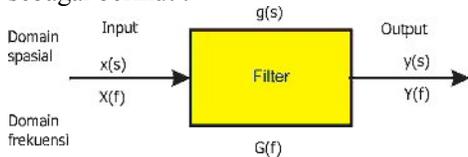
$$\mu_{ijk} = (-1)^i (-1)^j (-1)^k$$



Gambar 1. Pendekatan model 3 dimensi oleh kumpulan prisma sisi tegak (Blakely, 1996)

Sebagaimana telah dijelaskan bahwa filter yang telah dibuat adalah MBF yaitu filter yang dibentuk berdasarkan model benda sumber. Secara grafis pemfilteran seperti pada Gambar 2. Persamaan matematik yang

digunakan untuk membentuk filter [2] sebagai berikut :



Gambar 2. Skema pemfilteran dalam kawasan spasial dan frekuensi

$$x(s) * g(s) = y(s) \Rightarrow \text{kawasan spasial} \quad (2)$$

$$X(f) \cdot G(f) = Y(f) \Rightarrow \text{kawasan frekuensi} \quad (3)$$

$$G(f) = \frac{Y(f)}{X(f)} \quad (4)$$

dimana $x(t)$ dan $X(f)$: masukan, $y(t)$ dan $Y(f)$: keluaran, $g(t)$ dan $G(f)$: fungsi transfer yang merupakan bentuk filter linier. Untuk kawasan jarak atau spasial, perkalian dilakukan dengan konvolusi, sedangkan pada kawasan frekuensi perkaliannya adalah perkalian biasa. Proses membawa data masukan, yang berupa gabungan gayaberat akibat amblesan dan perubahan kedalaman muka air tanah dari kawasan spasial ke kawasan frekuensi dengan transformasi Fourier 2D. Dengan demikian persamaan (3) dan (4) dapat dinyatakan dalam bentuk sebagai berikut :

$$(X(f)_{amblesan+MAT}) \cdot G(f) = X(f)_{amblesan}$$

$$G(f) = \frac{X(f)_{amblesan}}{(X(f)_{amblesan+MAT})} \quad (5)$$

$$(X(f)_{amblesan+MAT}) \cdot G(f) = X(f)_{MAT}$$

$$G(f) = \frac{X(f)_{MAT}}{(X(f)_{amblesan+MAT})} \quad (6)$$

Persamaan (5) menyatakan bahwa masukan adalah gabungan anomali gayaberat mikro antar waktu akibat amblesan dan perubahan kedalaman muka air tanah dalam kawasan frekuensi yang difilter dengan filter linier untuk menghasilkan keluaran yang berupa anomali gayaberat akibat amblesan dalam kawasan frekuensi. Sebaliknya persamaan (6) menyatakan pemfilteran untuk memperoleh keluaran yang berupa anomali gayaberat akibat perubahan kedalaman muka air tanah

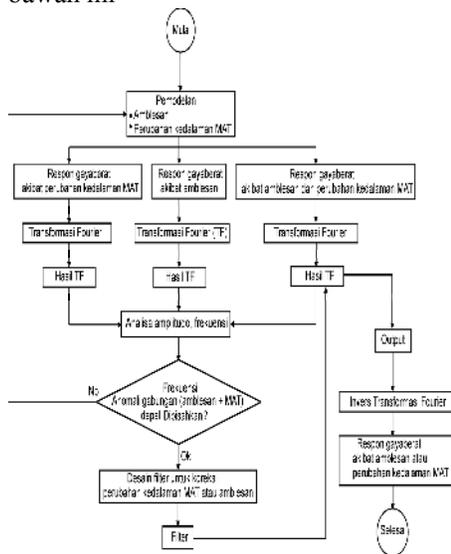
METODE PENELITIAN

Metode penelitian terdiri dari beberapa tahapan yaitu :

1. Membuat model respon perubahan gayaberat akibat dinamika muka air tanah
 Untuk membuat model ini diperlukan data perubahan kedalaman muka air tanah di daerah penelitian. Pada penelitian digunakan data sumur pantau di kota Semarang milik Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral propinsi Jawa Tengah.
2. Membuat model respon perubahan gayaberat akibat amblesan. Data yang digunakan adalah data amblesan yang berasal dari beberapa instansi yang telah melakukan pengukuran amblesan di kota Semarang selama beberapa periode.
3. Membuat model respon gayaberat akibat amblesan dan perubahan kedalaman muka air tanah berdasarkan data yang telah diperoleh pada tahap sebelumnya.
4. Melakukan FFT (*Fast Fourier Transform*) 2D data resepon gayaberat akibat amblesan, perubahan kedalaman muka air tanah dan gabungan keduanya.
5. Membuat filter berdasarkan persamaan (5) atau (6) bergantung pada keperluan untuk memperoleh respon anomali gayaberat akibat amblesan atau respon anomali

- gayaberas akibat perubahan kedalaman muka air tanah.
- Mengaplikasikan filter dengan input berupa data gayaberas mikro antar waktu
 - Menganalisis output dengan melakukan proses IFFT (*Invers Fast Fourier Transfrom*)

Keseluruhan tahapan kegiatan penelitian seperti pada Gambar 3 di bawah ini



Gambar 3. Tahapan kegiatan penelitian

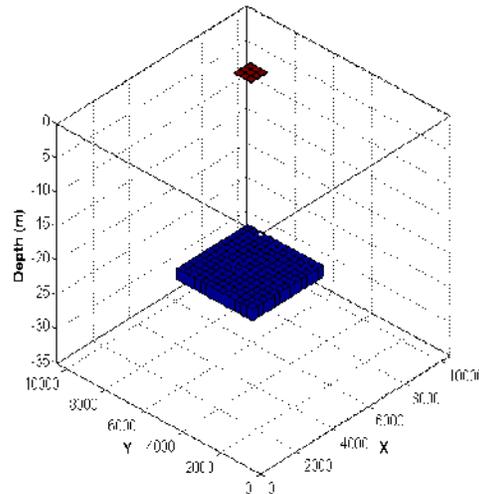
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. MBF yang dibuat dengan variasi dimensi X dan Y amblesan untuk meminimalkan anomali gayaberas akibat penurunan muka air tanah

Pada bagian ini dijelaskan pengaruh perubahan dimensi X dan Y amblesan filter terhadap model amblesan yang akan difilter. Untuk model penurunan muka air tanah digunakan data penurunan muka air tanah pada beberapa sumur pantau daerah penelitian di kota Semarang yang menunjukkan bahwa laju penurunan muka dengan air tanah yang terjadi 0,2 sampai 1,7 m/tahun selama kurun waktu 1952 sampai dengan 2005. Sesuai dengan pemodelan yang telah dilakukan

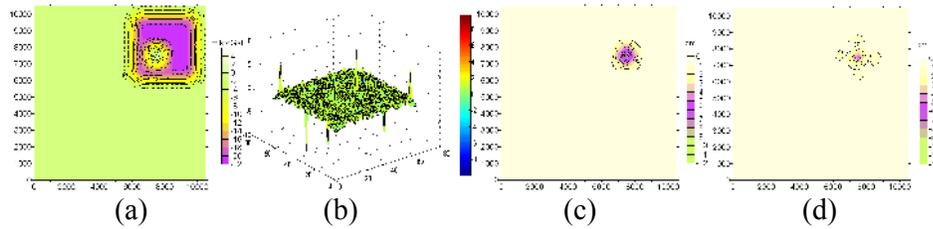
bahwa untuk pembuatan MBF syaratnya adalah dimensi sumber anomali harus berbeda satu dengan yang lain (Gambar 4).

Dimensi amblesan filter diubah – ubah dengan penurunan muka air tanah tetap yaitu sebesar 1,7 m pada kedalaman 30 m. Proses pemfilteran yang terdiri masukan (gabungan anomali gayaberas akibat amblesan 10 cm dan penurunan muka air tanah 1,7 m), filter yang digunakan dan perbandingan amblesan model dengan hasil pemfilteran seperti pada Gambar 5 s/d Gambar 7.

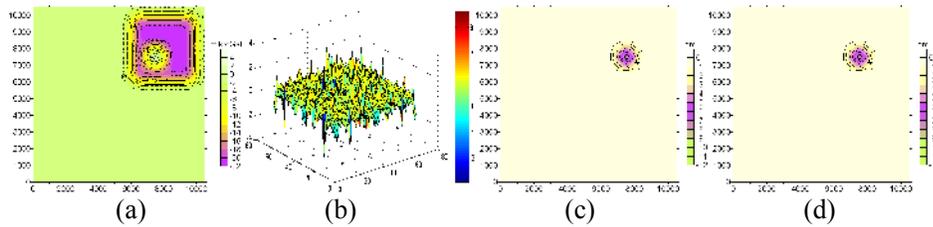


Gambar 4. Model amblesan yang akan difilter dengan dimensi X = 1000 m, Y = 1000 m dan Z =10 cm. Penurunan muka air tanah pada kedalaman 30 m dengan dimensi X = 4000 m, Y = 4000 m dan Z=1,7 m. Kedalaman dihitung dari koordinat (0,0,0)

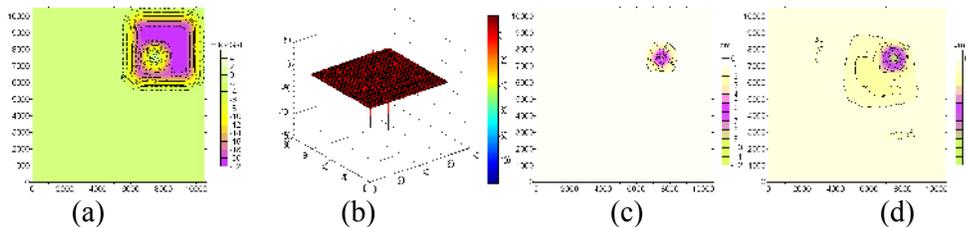
Gambar 5 adalah pemfilteran menggunakan model filter dengan dimensi X=Y= 800m dan dimensi Z=10 pada model amblesan diperoleh keluaran berupa amblesan dengan harga maksimum 6,7922 cm dan anomali gayaberas 20,972 μ Gal. Jika dibandingkan dengan harga amblesan pada masukan sebesar 10 cm, maka filter ini memberikan kesalahan sebesar 32,078 % .



Gambar 5. Proses pemfilteran, (a) masukan, (b) bentuk filter dengan sumbu X - Y (frekuensi ruang) – sumbu Z (amplitudo), (c) amblesan model dan (d) amblesan hasil pemfilteran



Gambar 6. Proses pemfilteran, (a) masukan, (b) bentuk filter dengan sumbu X - Y (frekuensi ruang) – sumbu Z (amplitudo), (c) amblesan model dan (d) amblesan hasil pemfilteran

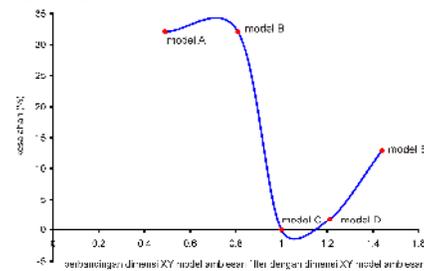


Gambar 7. Proses pemfilteran, (a) masukan, (b) bentuk filter dengan sumbu X - Y (frekuensi ruang) – sumbu Z (amplitudo), (c) amblesan model dan (d) amblesan hasil pemfilteran

Gambar 6 adalah pemfilteran menggunakan model filter dengan dimensi $X=Y=1000$ m dan dimensi $Z=10$ cm pada model amblesan diperoleh keluaran berupa amblesan dengan harga maksimum 10 cm dan anomali gayaberat $30,874 \mu\text{Gal}$. Jika dibandingkan dengan harga amblesan pada masukan sebesar 10 cm, maka filter ini menghasilkan keluaran yang sama dengan data amblesan pada masukan.

Gambar 7 adalah pemfilteran menggunakan model filter dengan dimensi $X=Y=1200$ m dan dimensi $Z=10$ cm pada model amblesan diperoleh keluaran berupa amblesan dengan harga maksimum 11,2905 cm dan anomali gayaberat $34,861 \mu\text{Gal}$. Jika

dibandingkan dengan harga amblesan pada masukan sebesar 10 cm, maka filter ini memberikan kesalahan sebesar 12,905 %. Hubungan dimensi XY amblesan filter dengan dimensi XY model filter dan kesalahan yang terjadi seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Hubungan antara perbandingan dimensi model amblesan filter dengan model amblesan dan kesalahan yang terjadi

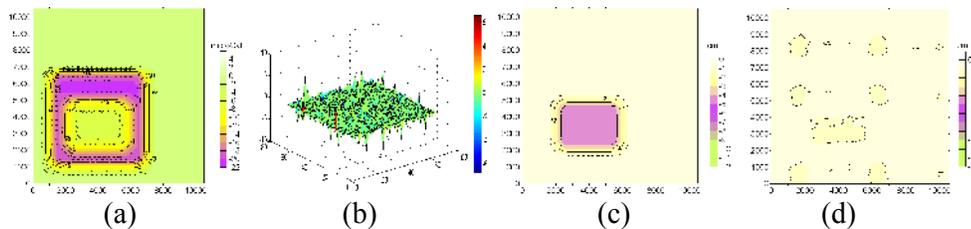
2. MBF yang dibuat dengan variasi dimensi Z amblesan

Pada bagian ini diuraikan filter yang dibuat dengan variasi dimensi Z amblesan. Model penurunan muka air tanah pada kedalaman 30 m dengan dimensi $X=Y= 6000$ m. Dimensi amblesan yang akan difilter adalah $X=4000$ m, $Y=3000$ m dan $Z= 5$ cm

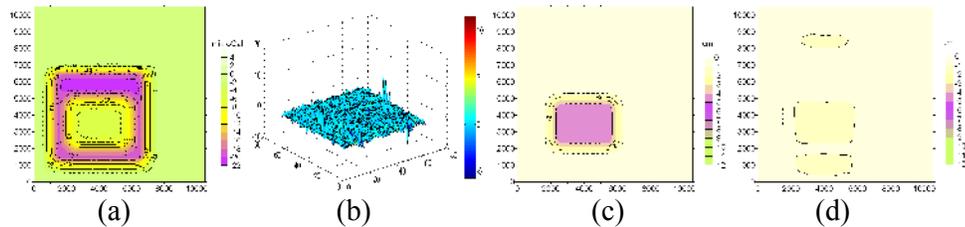
Gambar 9 adalah pemfilteran dengan menggunakan model filter dengan dimensi $X= 4000$ m, $Y = 3000$ m dan $Z = 1$ cm pada model amblesan diperoleh keluaran berupa amblesan dengan harga maksimum 1,4264 cm dan anomali gayaberat 4,4042 μ Gal. Jika

dibandingkan dengan harga maksimum amblesan pada masukan sebesar 5 cm, maka filter ini mengakibatkan kesalahan sebesar 71,472 %.

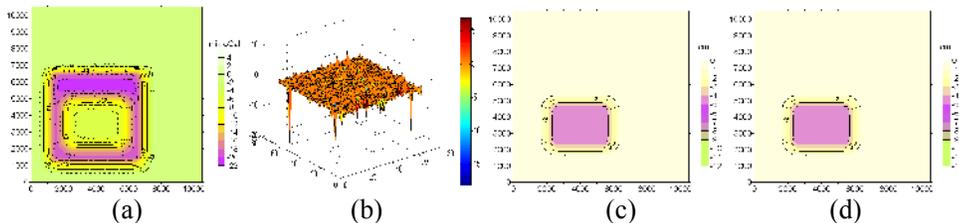
Gambar 10 adalah pemfilteran menggunakan model filter dengan dimensi $X= 4000$ m, $Y = 3000$ m dan $Z = 2$ cm pada model amblesan diperoleh keluaran berupa amblesan dengan harga maksimum 2,105 cm dan anomali gayaberat 9,621 μ Gal. Jika dibandingkan dengan harga maksimum amblesan pada masukan sebesar 5 cm, maka filter ini memberikan kesalahan sebesar 57,90 %.



Gambar 9. Prose pemfilteran, (a) masukan, (b) bentuk filter, dengan sumbu X – Y (frekuensi ruang) – sumbu Z (amplitudo), (c) amblesan model dan (d) amblesan hasil pemfilteran.



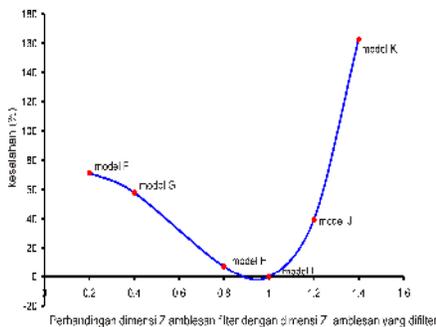
Gambar 10. Proses pemfilteran, (a) masukan, (b) bentuk filter dengan sumbu X – Y (frekuensi ruang) – sumbu Z (amplitudo), (c) amblesan model dan (d) amblesan hasil pemfilteran



Gambar 11. Prose pemfilteran, (a) masukan, (b) bentuk filter dengan sumbu X – Y (frekuensi ruang) – sumbu Z (amplitudo), (c) amblesan model dan (d) amblesan hasil pemfilteran

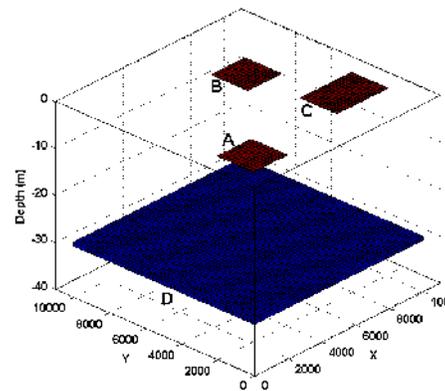
Gambar 11 adalah pemfilteran dengan menggunakan model filter dengan dimensi $X= 4000$ m, $Y = 3000$ m dan $Z = 5$ cm pada model amblesan diperoleh keluaran berupa amblesan dengan harga maksimum 5 cm dan anomali gayaberasat 15,438 μ Gal. Jika dibandingkan dengan harga maksimum amblesan pada masukan sebesar 5 cm, maka filter ini menghasilkan keluaran yang sama dengan data awal amblesan sebelum difilter dan terjadi kesalahan.

Hasil pemodelan di atas menunjukkan bahwa dimensi Z amblesan filter lebih kecil dibandingkan dengan dimensi Z amblesan yang difilter akan memberikan kesalahan yang kecil dan sebaliknya jika dimensi Z amblesan filter lebih besar dibandingkan dengan dimensi Z amblesan yang difilter memberikan kesalahan yang besar pula. Dimensi Z amblesan filter yang mendekati dimensi Z amblesan yang akan difilter akan memberikan hasil yang baik dengan kesalahan relatif kecil. Hubungan dimensi XY amblesan filter dengan dimensi XY model filter dan kesalahan yang terjadi seperti pada Gambar 12.



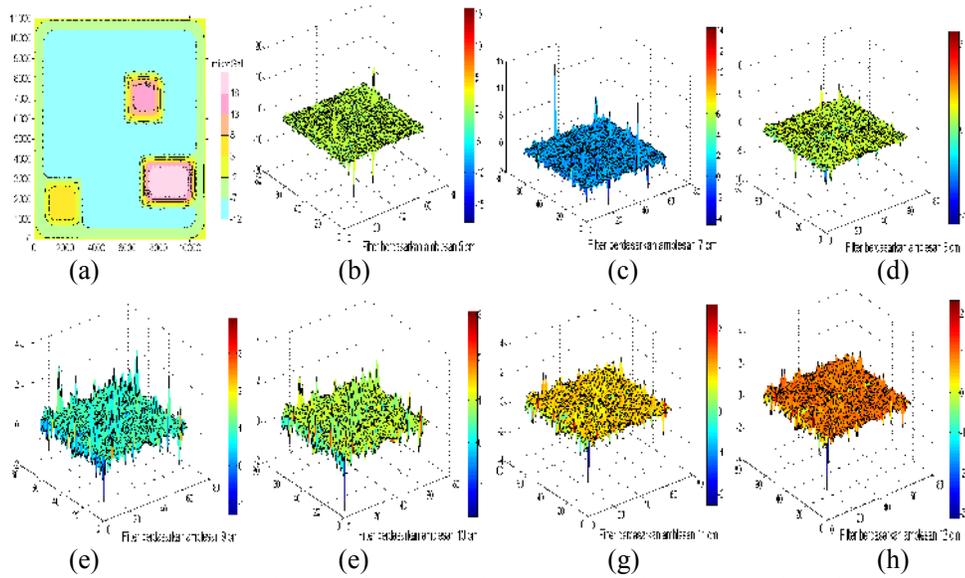
Gambar 12. Hubungan antara perbandingan dimensi Z amblesan filter dengan dimensi Z model amblesan dan kesalahan yang terjadi

3 MBF untuk kasus lebih dari satu lokasi amblesan. Pada bagian ini akan diuraikan kemampuan MBF jika digunakan untuk memfilter amblesan yang lebih dari satu lokasi. Dimensi Z amblesan yang akan difilter adalah 5 cm, 8 cm, dan 10 cm dengan lokasi yang berbeda. Model penurunan muka air tanah disesuaikan dengan model sebelumnya yaitu 1,7 m pada kedalaman 30 m seperti pada Gambar 13

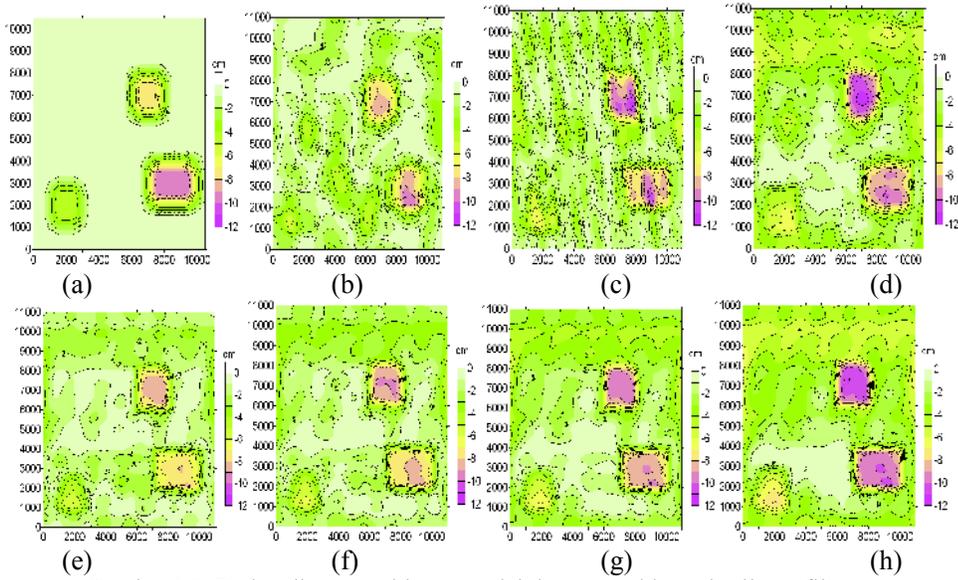


Gambar 13. Dimensi Z model amblesan berturut – turut A (5 cm), B (8 cm), C (10 cm), D (penurunan muka air tanah) sebesar 1,7 m pada kedalaman 30 m.

Pemfilteran yang terdiri dari masukan (gabungan anomali gayaberasat akibat amblesan 5 cm, 8 cm, 10 cm, dan penurunan muka air tanah) dan bentuk filter seperti pada Gambar 14.



Gambar 14. Bentuk masukan dan filter yang digunakan untuk kasus 3 lokasi ambesan dengan sumbu X – Y (frekuensi ruang) – sumbu Z (amplitudo)



Gambar 15. Perbandingan ambesan model dengan ambesan hasil pemfilteran

Tabel 1. Besarnya kesalahan untuk masing – masing filter

Dimensi Z amblesan filter (cm)	Hasil maksimum pemfilteran dan kesalahannya pada model amblesan					
	5 cm	%	8 cm	%	10 cm	%
5	5,354	7,080	8,449	5,613	10,465	4,650
7	5,390	7,800	8,446	5,575	10,249	2,490
8	5,401	8,020	8,418	5,225	10,312	3,120
9	5,436	8,720	8,490	6,125	9,314	6,860
10	5,437	8,740	8,521	6,513	10,058	0,580
11	5,438	8,760	8,526	6,575	10,261	2,610
12	5,460	9,200	8,529	6,613	10,491	4,910

Filter yang telah dibentuk selanjutnya digunakan untuk memfilter model amblesan dengan dimensi Z berturut – turut 5, 8 dan 10 cm. Hasil pemfilteran masing – masing filter seperti pada Gambar 15. Kesalahan yang terjadi dan perbandingannya untuk masing – masing filter seperti pada Tabel 1. Berdasarkan hasil pemodelan terlihat bahwa model amblesan filter dengan dimensi Z masing – masing 5, 8, dan 10 cm yang digunakan untuk memfilter model amblesan yang bersesuaian dimensinya yaitu 5, 8 dan 10 cm memberikan kesalahan yang kecil dibandingkan model filter yang lain. Mengingat bahwa kondisi di lapangan amblesan yang terjadi tidak sama dalam satu area, maka untuk pembuatan filter didekati dengan harga rata – rata amblesan yang terjadi. Pada pemodelan di atas, harga rata – rata amblesan adalah 7,6 cm. Untuk membuat filter dapat digunakan hasil pemodelan sebelumnya yang menunjukkan bahwa besar amblesan yang lebih baik adalah yang sama dengan atau lebih kecil dari model amblesan yang akan difilter. Berdasarkan Tabel V.7 terlihat bahwa model amblesan filter dengan dimensi Z =7 cm memberikan kesalahan yang kecil untuk memfilter model amblesan dengan dimensi Z berturut – turut 5, 8, dan 10 cm dibandingkan model amblesan filter dengan dimensi Z yang lebih besar (9, 11 m dan 12 cm). Dengan demikian untuk kasus di atas,

model amblesan filter yang baik adalah 7 cm.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang diperoleh adalah sebagai berikut : Hasil analisa MBF untuk data 2D menunjukkan bahwa untuk membuat filter yang memberikan kesalahan kecil jika menggunakan dimensi amblesan filter (XY) yang sama atau lebih besar dimensi amblesan yang difilter. Perbedaan dimensi amblesan filter dengan amblesan yang difilter sebesar X=100 meter dan Y= 100 meter memberikan kesalahan 1,744 %. Untuk membuat filter yang memberikan kesalahan kecil jika menggunakan dimensi amblesan filter (Z) yang sama atau lebih kecil dimensi amblesan yang difilter. Perbedaan dimensi amblesan filter dengan amblesan yang difilter sebesar 1 cm memberikan kesalahan 7,322 %. Pada kasus amblesan lebih dari satu lokasi menunjukkan bahwa kesalahan terkecil terjadi jika menggunakan dimensi amblesan filter yang besarnya sama dengan rata – rata dimensi amblesan yang akan difilter.

Disarankan untuk pengembangan filter selanjutnya dilakukan pada kasus – kasus yang lebih kompleks dengan sumber anomali lebih dari dua. Prinsip pemfilteran untuk kasus tersebut sama dengan yang telah dilakukan dengan mereduksi sumber – sumber anomali gayaberat yang tidak

diperlukan sampai diperoleh sumber anomali gayaberat yang diinginkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini adalah sebagian dari hasil penelitian Hibah Strageis Nasional Batch I yang didanai oleh DP2M dengan nomor kontrak : 459/H37.3.1/PL/2009, tanggal 11 Mei 2009

DAFTAR PUSTAKA

[1]. Allis, R.G., dan Hunt, T.M. 1986. Analisis of exploration induced gravity changes at Wairakei geothermal field, *Geophysics*, **51**, 1647-1660.

[2]. Brigham, O.E. (1974) : *The Fast Fourier Transform*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 78.

[3]. Plouff, D. 1976. Gravity and Magnetic Field of Polygonal Prisms and Application to Magnetic Terrain Corrections, *Geophysics*, **41**, 727 - 741.

[4]. Telford, W.M., Geldart, L.P., dan Sheriff, R.P. 1990. *Applied Geophysics 2nd ed*, Cambridge University Press.