

Analisis Kuantitatif Anomali Gravitasi Metode *Least Square* pada Terapan Mata Kuliah Analisa Numerik

Hardi Hamzah^{*1}, Mutmainnah²

Program Studi Pendidikan Fisika FMIPA Universitas Sulawesi Barat

e-mail: ^{*1}hardi@unsulbar.ac.id, ²mutmainnah@yahoo.co.id

Abstrak

Salah satu teknik eksplorasi dalam mencari material bawah permukaan adalah metode gravitasi. Metode ini melakukan pengukuran data anomali gravitasi di atas permukaan dan data tersebut diolah atau dianalisis sedemikian rupa sehingga memberikan informasi penyebab anomali gravitasi yang terukur dipermukaan. Fokus dalam penelitian ini adalah bagian analisis data lapangan menggunakan pemodelan dan inversi metode least square. Peneliti sebagai dosen pengampuh mata kuliah Analisa dengan latar belakang bidang keahlian fisika bumi dan sistem kompleks mengintegrasikan mata kuliah ini dengan gejala-gejala fisis yang terukur dipermukaan akibat kehadiran anomali di bawah permukaan. Metode inversi least square dapat digunakan pada menentukan parameter model bola penyebab anomali gravitasi. Parameter model bola yang berhasil diinversi meliputi massa jenis bola, jari-jari, dan kedalaman. Pemberian noise pada data sintetik tidak memberikan pengaruh yang signifikan pada hasil inversi jadi program yang dibuat telah berhasil dan dapat digunakan pada data lapangan.

Kata kunci : Anomali gravitasi, pemodelan, metode inversi least square.

1. PENDAHULUAN

Mata kuliah analisa numerik adalah salah satu mata kuliah pilihan dalam kurikulum Program Studi Pendidikan Fisika FMIPA Universitas Sulawesi Barat. Mata kuliah ini dimaksudkan untuk memberikan kemampuan kepada mahasiswa tentang konsep-konsep Analisa numerik yang meliputi: Persamaan tak linear, akar persamaan tak linear, sistem persamaan linear, interpolasi, penghampiran fungsi, diferensial numerik dan integral numerik, persamaan diferensial numerik dan matriks.

Begitu pentingnya mata kuliah ini, maka setiap jurusan atau prodi eksakta seperti matematika, teknik elektro, dan ilmu komputer juga memasukkan mata kuliah ini dalam daftar kurikulum. Setiap jurusan atau program studi tersebut menyusun SAP dan RPS sedemikian rupa sehingga terintegrasi dengan bidang kajian masing-masing jurusan atau program studi.

Peneliti sebagai dosen pengampuh mata kuliah dengan latar belakang bidang keahlian fisika bumi dan sistem kompleks mencoba mengintegrasikan mata kuliah ini dengan gejala-gejala fisis yang terukur dipermukaan akibat kehadiran anomali di bawah permukaan karena keberadaan material yang dapat berupa barang tambang. Pengintegrasian ini sangat cocok dilakukan karena Sulawesi Barat merupakan provinsi

yang kaya akan emas, batubara dan minyak bumi. Jadi pengembangan penelitian ini lebih lanjut dapat digunakan untuk eksplorasi keberadaan sumber kekayaan alam seperti barang tambang yang sangat berguna digunakan untuk pembangunan daerah. Disamping itu pula, Universitas Sulawesi Barat dapat menjadi sumber literatur dalam pengembangan penelitian lebih lanjut.

Salah satu teknik eksplorasi dalam mencari material bawah permukaan adalah metode gravitasi. Metode ini melakukan pengukuran data anomali gravitasi di atas permukaan dan data tersebut diolah atau dianalisis sedemikian rupa sehingga memberikan informasi penyebab anomali gravitasi yang terukur dipermukaan. Fokus dalam penelitian ini adalah bagian analisis data lapangan menggunakan pemodelan dan inversi metode least square.

Tim peneliti juga terdiri atas dosen dengan latar belakang bidang keahlian magsiter pendidikan karena diharapkan dapat memberikan transfer ilmu ke mahasiswa yang memprogram mata kuliah analisa numerik terkait penelitian ini dengan metode mengajar yang tepat sehingga mahasiswa menjadi lebih mudah mengerti.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tahap Penelitian

Tabel 1 Tahap Penelitian

No.	Tahap Penelitian	Keterangan
1.	Memodelkan Permasalahan	Membuat model matematika untuk permasalahan anomali gravitasi
2.	Membuat flowchart	flowchart yang dibuat adalah proses innversi metode least square data anomali gravitasi
3.	Membuat model sintetik	model sintetik dibuat terlebih dahulu untuk menguji program inversi metode least square yang telah dibuat
4.	Menginversi data sintetik	setelah tahap pengujian berhasil, digunakan data sintetik yang akan dianalisis.

2.2 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di kampus Universitas Sulawesi Barat dan di Institut Teknologi Bandung.

2.3 Peubah yang Diamati atau Diukur

Peubah yang diamati dalam penelitian ini adalah parameter model yang mempengaruhi data anomali gravitasi bola yaitu massa jenis, kedalaman, dan jari-jari. Jika error yang diperoleh memiliki nilai yang memenuhi toleransi yang ditetapkan, maka program yang dibuat berhasil.

3.4 Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Data yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah data sintetik yang divariasikan dengan memberikan noise pada data. Analisis data yang digunakan adalah metode least square pada inversi linear dan inversi nonlinear.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

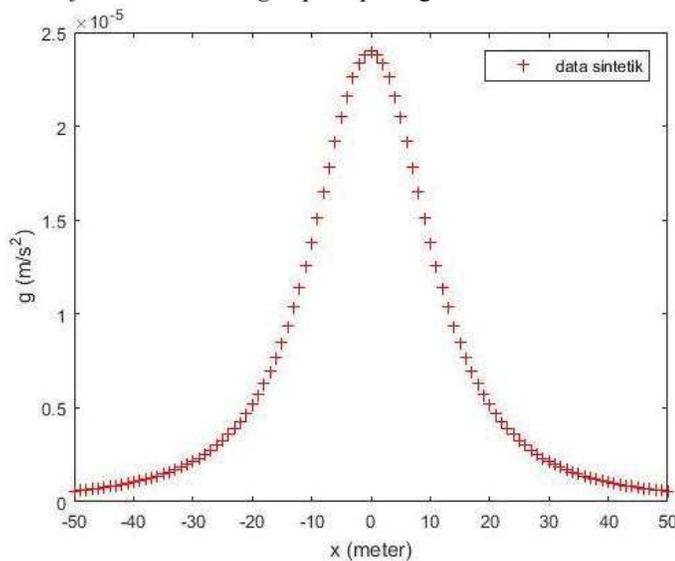
3.1 Hasil Forward Modeling

Telah dibuat model bola sintetik dengan parameter seperti berikut berada di tengah-tengah garis horisontal titik pengukuran.

Tabel 2 Parameter Model Bola Sintetik

jari-jari R (m)	massa jenis ρ (kg/m ³)	kedalaman z (m)
10	19320	15

Diperoleh data hasil *forward modeling* seperti pada gambar berikut.



Gambar 1 Data Hasil Forward Modeling

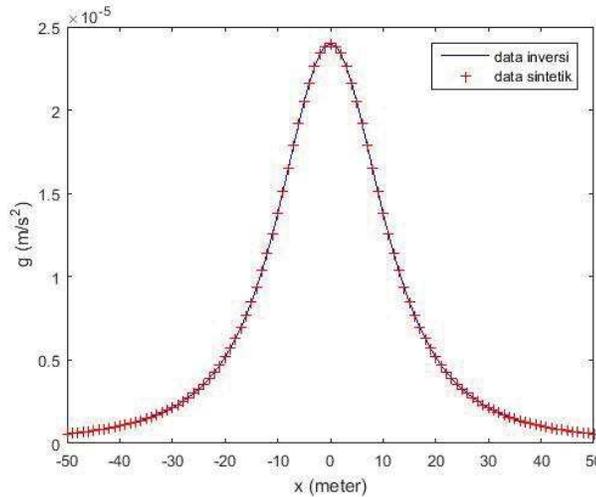
Pada Gambar 1 memperlihatkan data sintetik anomali gravitasi hasil *forward modeling*. Terlihat pola data anomali gravitasi meningkat secara signifikan dimulai dari titik 50 m sebelah kiri arah horisontal dari pusat bola dan mencapai nilai anomali gravitasi terbesar tepat di atas pusat bola dalam arah horisontal di titik nol. Nilai ini menurun secara signifikan sampai pada titik 50 m sebelah kanan pusat bola. Hal ini menunjukkan *forward modeling* yang dibuat sudah benar.

3.2 Hasil Inversi Metode Least Square

Data anomali gravitasi hasil *forward modeling* kemudian di inversi menggunakan metode *least square*. Pertama, kita menganggap bahwa hanya ada satu parameter model yaitu massa jenis ρ . Hubungan data anomali gravitasi dan massa jenis adalah linear sehingga inversinya adalah inversi linear. Kedua, kita menganggap bahwa ada tiga parameter model yaitu massa jenis ρ , jari-jari R, dan kedalaman z. Hubungan data anomali gravitasi dan parameter model ini adalah tidak linear sehingga inversinya adalah inversi nonlinear

3.2.1 Inversi Linear

Data anomali gravitasi hasil *forward modeling* kemudian di inversi menggunakan metodel *least square*. Diperoleh data hasil inversi seperti pada gambar 2



Gambar 2 Hasil Inversi data sintetik anomali gravitasi.

Hasil inversi data sintetik anomali gravitasi sangat berimpit dengan data sintetik hasil *forward modeling* seperti yang ditunjukkan Gambar 2. Besar massa jenis hasil inversi adalah $19320.4548170799 \text{ kg/m}^3$ dengan *error* $2.3511 \cdot 10^{-14}$. Nilai massa jenis hasil inversi ini hampir sama dengan nilai massa jenis model sintetik.

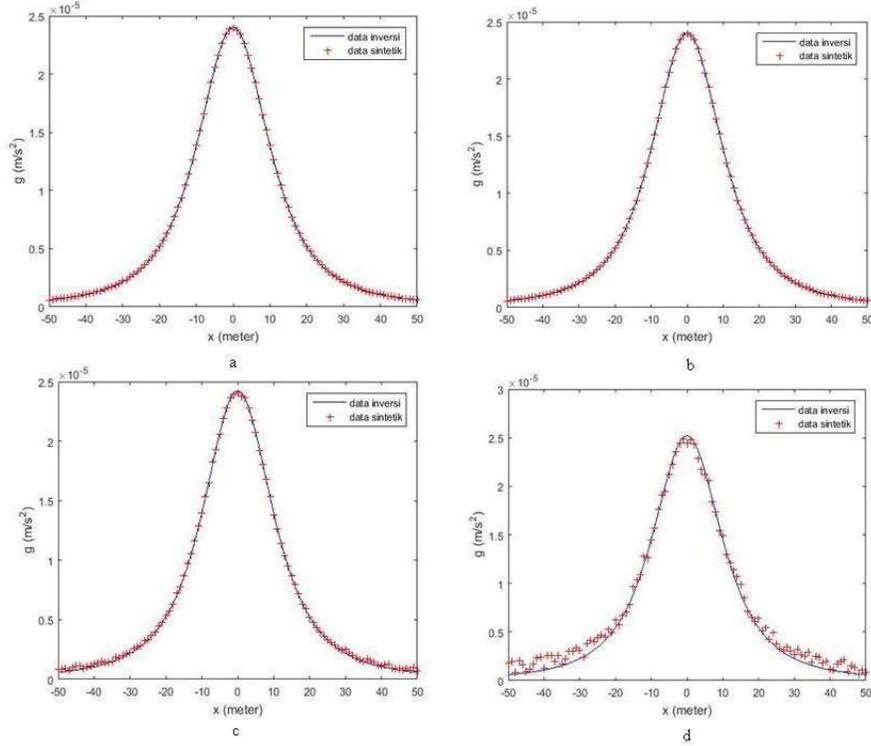
Untuk menguji ketangguhan program yang telah dibuat, maka data sintetik anomali gravitasi hasil *forward modeling* diberikan *noise* 1%, 5%, dan 10% kemudian diinversi dan diperoleh hasil seperti pada tabel 3

Tabel 3 Parameter Model Massa Jenis Dan Nilai Error

Data dengan noise	massa jenis ρ (kg/m^3)	Error
1 %	19374.1267166930	$.1.6020 \cdot 10^{-13}$
5%	19512.8869627562	$3.0006 \cdot 10^{-12}$
10 %	19739.5004758772	$1.9812 \cdot 10^{-11}$
20%	20310.2049243513	$5.3304 \cdot 10^{-11}$

Tabel 3 menunjukkan bahwa ketika *noise* yang diberikan semakin besar maka nilai massa jenis hasil inversi semakin besar pula sehingga *error* juga semakin besar tetapi hasil ini inversi ini masih mendekati nilai parameter model sintetik massa jenis yaitu 19320 kg/m^3 dan nilai *error*nya juga masih dalam orde yang sangat kecil. Walaupun data

sintetik diberi noise, data hasil inversi terlihat berimpit dengan data sintetik seperti ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3 Hasil Inversi data sintetik anomali gravitasi.

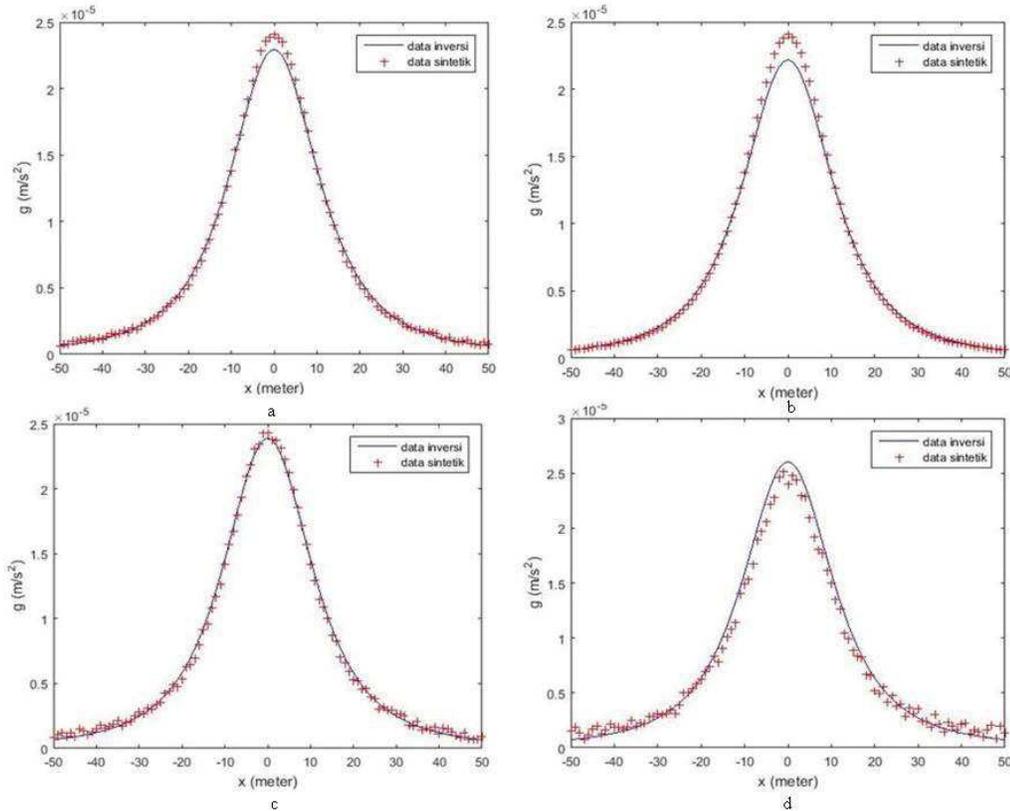
3.2.2 Inversi Nonlinear

Pada inversi nonlinear ini, massa jenis, jari-jari, dan dan kedalaman sebagai parameter model. Data sintetik diberi noise dengan variasi 1%, 5%, 10%, dan 20%. Kriteria berhentinya iterasi ketika besar error lebih kecil atau sama dengan 10^{-10} . Diperoleh hasil inversi sebagai berikut

Tabel 4 Parameter model hasil inversi

Parameter model	model sintetik	inversi tanpa noise	inversi noise 1%	inversi noise 5%	inversi noise 10%	inversi noise 20%
ρ (kg/m ³)	19320	19321.999 9331953	19321.999 9351117	19321.999 9442318	19321.999 9554927	19321.999 9700070
R (m)	10	11.618119 2387879	11.629998 5214457	11.685918 9718867	11.753499 5639597	11.837982 8367321
z (m)	15	15.993931 2016308	15.994211 3132789	15.995671 8524727	15.997748 6338565	16.000845 2740032

Nilai Parameter model hasil inversi hampir sama dengan nilai parameter model sintetik. Jika noise data sintetik semakin besar, maka nilai parameter model hasil inversi akan berbeda dengan nilai parameter model sintetik, akan tetapi perbedaannya sangat kecil dengan nilai error yang mencapai 10^{-11} . Jadi pemberian noise tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap hasil inversi.



Gambar 4 Hasil inversi nonlinear metode least square

Gambar 4 memperlihatkan data sintetik dan data hasil inversi hampir saling berimpit. Noise 1% diberikan pada data sintetik kemudian diinversi dan diperoleh hasil seperti terlihat pada gambar 4.a. Noise 5%, 10%, dan 20% diberikan, diperoleh hasil berturut seperti pada gambar 4.b, 4.c, dan 4.d. Diperoleh data hasil inversi yang hampir berimpit dengan data model sintetik. Jadi, pemberian noise tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hasil inversi. Dapat disimpulkan bahwa program dibuat telah berhasil dan dapat digunakan untuk inversi data lapangan.

4. KESIMPULAN

1. Metode inversi *least square* dapat digunakan pada menentukan parameter model bola penyebab anomali gravitasi.
2. Parameter model bola yang berhasil diinversi meliputi massa jenis bola, jari-jari, dan kedalaman,

3. Pemberian noise pada data sintetik tidak memberikan pengaruh yang signifikan pada hasil inversi jadi program yang dibuat telah berhasil dan dapat digunakan pada data lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Telford, W.M.2004.Applied Geophysics Second Edition. Cambridge: Cambridge University Press
- Randall dan Zandt George.2009. Inverse Problem in Geophysics. Arizona: University of Arizona
- Grandis, H.L.2009. Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika.Bandung: HAGI
- Menke. 2012.Geophysical Data analysis:Discrete Inverse Theory. Elsevier