

MILIK PERPUSTAKAAN
UNIV. NEGERI PADANG



LAPORAN KEGIATAN PENELITIAN DASAR

JUDUL KEGIATAN
PERUBAHAN PERILAKU SPEKTRUM OPERATOR DEKONVOLUSI
SETELAH DIBERI KONTRAIN DALAM SURVAI GAYABERAT-
MIKRO 4D

Oleh:

Drs.Ahmad Fauzi, M.Si

MILIK PERPUSTAKAAN	UNIVERSITAS NEGERI PADANG
TANGGAL TEL.	11-6-2010
SUMBER HASIL	Hd
KOLEKSI	F1
NO. INVENTARIS	261/Hd/2010 - p.1
KLASIFIKASI	550 Fau p.1

DIBIYAI PROYEK PENINGKATAN PENELITIAN PENDIDIKAN TINGGI
DENGAN SURAT PERJANJIAN PELAKSANAAN PENELITIAN NOMOR:
19/SPPP/PP/DP3M/IV/2005 TANGGAL 11 APRIL 2005
DIREKTORAT PEMBINAAN PENELITIAN DAN PENGABDIAN PADA MASYARAKAT
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN TINGGI
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2005

**SISTEMATIKA LAPORAN AKHIR HASIL
PENELITIAN DASAR**

	Halaman
LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN	ii
RINGKASAN.....	iii
PRAKATA	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN	x
I. PENDAHULUAN	1
II. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	6
III. TINJAUAN PUSTAKA	8
IV. METODE PENELITIAN	28
V. HASIL DAN PEMBAHASAN	72
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	75
DAFTAR PUSTAKA	79
LAMPIRAN A : PUBLIKASI.....	90
LAMPIRAN B : PERSONALIA PENELITI.....	100
LAMPIRAN C : INSTRUMENTASI PENELITIAN.....	101
(termasuk instrumen penelitian, personalia tenaga peneliti beserta kualifikasinya, dll)	

**LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR
HASIL PENELITIAN DASAR**

1. Judul : **Perubahan Perilaku Spektrum Operator Dekonvolusi Setelah Diberi Konstrain Dalam Survai Gayaberat-Mikro 4D**
2. Ketua Peneliti
- a. Nama Lengkap dan Gelar : Drs.Ahmad Fauzi, M.Si
 - b. Jenis Kelamin : Laki-laki
 - c. Pangkat/Golongan : Penata/IIIC
 - d. Jabatan Fungsional : Lektor
 - e. Fakultas/ Jurusan : FMIPA/Fisika
 - f. Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Padang
 - g. Pusat Penelitian : Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang
3. Jumlah Tim Peneliti : 1 orang
4. Lokasi Penelitian : - Laboratorium Geofisika-UNP
- Laboratorium Teknik Geofisika-ITB
- Salah satu lapangan minyak di Riau
5. Kerjasama dengan Institusi lain :
- a. Nama Institusi : Teknik Geofisika-ITB
 - b. Alamat : Jl. Ganesha No.10 Bandung
6. Masa Penelitian : 10 bulan
7. Biaya yang Diperlukan : Rp 15.000.000,-(terbilang : *lima belas juta rupiah*)

Padang , 30 Oktober 2005

Mengetahui
Dekan FMIPA UNP

Ketua Peneliti

(Drs. Ali Amran, M.Pd., MA., PhD)
NIP. 130 353 264


(Drs. Ahmad Fauzi, M.Si)
NIP. 132/051 380

Menyetujui
Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Negeri Padang

(Prof.Dr.Anas Yasin, MA)
NIP. 130365634

RINGKASAN

Pada saat ini telah terjadi perubahan secara mendasar dalam metoda gayaberat karena adanya peningkatan ketelitian alat dan perbaikan teknik survai sehingga metoda ini dikenal dengan metoda gayaberat mikro 4D. Dengan kemampuan seperti ini, metoda gayaberat mikro 4D telah menjadi alternatif baru dalam memecahkan masalah-masalah dinamika dekat permukaan seperti pemantauan reservoir minyak, gas, panas bumi, injeksi uap, injeksi air, penurunan muka air tanah, penurunan muka tanah, dan lain-lain.

Akan tetapi peningkatan dalam ketelitian alat dan perbaikan dalam teknik survai dari metoda tersebut belum ditunjang oleh perbaikan dalam teknik pengolahan dan interpretasi data sehingga penerapannya dirasa masih belum optimal. Oleh karena itu, pengembangan teknik pengolahan dan interpretasi data merupakan hal yang sangat mendesak untuk meningkatkan akurasi metoda tersebut. Salah satu teknik akuisisi dan pengolahan data gayaberat yang paling berkembang pada saat ini adalah teknik dekonvolusi. Hal ini didasarkan atas kenyataan bahwa anomali gayaberat yang terukur dipermukaan dapat dinyatakan sebagai hasil konvolusi antara kontras rapat massa dengan fungsi Green. Masalah utama yang berhubungan dengan proses dekonvolusi adalah ketidakstabilan dari operator dekonvolusi karena masalah inversi. Ini berarti diperlukan sebuah persyaratan untuk menurunkan fungsi operator dekonvolusi berdasarkan kriteria dan asumsi tertentu.

Tujuan umum penelitian adalah (1) menghitung tanggapan anomali gayaberat-mikro 4D secara teoritik yang disebabkan sumber rapat massa dibawah permukaan. Model yang digunakan adalah model ideal *steamflood* yang menggambarkan pergerakan uap dari sumur produksi ke sumur injeksi, (2) menemukan kriteria-kriteria baru untuk menilai kinerja operator dekonvolusi baik sebelum maupun setelah diberi konstrain. dan (3) menerapkan metoda pada daerah studi kasus pada salah satu lapangan minyak yang diinjeksi dengan uap di Sumatera. Untuk mencapai tujuan penelitian dua pendekatan ilmiah dipilih yaitu pemodelan geofisika dan studi kasus. Pendekatan pemodelan geofisika bertujuan untuk mendapatkan tanggapan anomali gayaberat-mikro 4D secara teoritik yang disebabkan oleh penggantian minyak oleh uap selama operasi peningkatan produksi minyak. Sedangkan pendekatan studi kasus bertujuan menerapkan metoda pada data lapangan. Untuk menunjang keberhasilan pendekatan pemodelan geofisika, tiga perumusan masalah diusulkan yaitu perumusan model ideal, perumusan model konvolusi dan dekonvolusi, dan perumusan model numerik. Pengembangan terhadap model ideal dilakukan agar mendekati kondisi riil di lapangan seperti model lapisan tipis horizontal, sesar, graben dan horst. Sebagai studi kasus, metoda diterapkan di LMLM.

Untuk menggambarkan perpindahan fluida didalam reservoir, parameter yang digunakan adalah perubahan rapat massa batuan reservoir minyak setelah diinjeksi dengan uap. Masalah yang harus dipecahkan adalah bagaimana menentukan kontras rapat massa pada kedalaman reservoir berdasarkan anomali gayaberat-mikro 4D yang diamati dalam selang waktu tertentu di permukaan.

Teknik dekonvolusi diusulkan untuk mendapatkan kontras rapat massa pada kedalaman reservoir dengan asumsi kontras rapat massa fluida merupakan sebuah impuls sedangkan fungsi Green adalah respon dari impuls sehingga anomali gayaberat-mikro 4D dapat dinyatakan sebagai proses konvolusi antara kontras rapat massa dengan fungsi Green. Kinerja operator dekonvolusi diujikan pada data sintetik berdasarkan empat kriteria utama yaitu jumlah total set koefisien operator dekonvolusi, jumlah kuadrat total set koefisien operator dekonvolusi, resolusi matrik rapat massa dan resolusi matrik operator dekonvolusi.

Hasil pengujian pada data sintetik menggunakan kriteria jumlah total dan jumlah kuadrat total set koefisien operator dekonvolusi menunjukkan bahwa operator dekonvolusi ukuran $11s \times 11s$ adalah optimum untuk mendapatkan rapat massa pada kedalaman $h/s < 1$. Sedangkan hasil pengujian menggunakan kriteria resolusi matrik rapat massa dan operator dekonvolusi menemukan bahwa operator dekonvolusi ukuran $101s$ adalah optimum untuk mendapatkan rapat masaa pada kedalaman $h/s \leq 6$ dan operator dekonvolusi ukuran $61s \times 61s$ adalah optimum untuk mendapatkan rapat massa pada kedalaman $h/s \leq 5$.

Penerapan metoda pada data lapangan menunjukkan bahwa hipotesis yang menyatakan tanggapan anomali gayaberat-mikro 4D akan bernilai negatif akibat penggantian minyak dengan uap selama operasi peningkatan produksi minyak dapat dibuktikan pada salah satu sumur selama pengamatan periode Maret 2001-Agustus 2001. Nilai anomali sebesar $-300\mu\text{Gal}$ s/d $-600\mu\text{Gal}$ pada salah satu sumur menunjukkan bahwa telah terjadi penggantian minyak dengan uap selama operasi peningkatan produksi minyak dan minyak didorong oleh uap menuju sumur produksi. Pada pengamatan berikutnya periode Agustus 2001-Januari 2002 menunjukkan bahwa nilai anomali disekitar sumur tersebut adalah positif. Hal ini berasosiasi sebagai proses penghentian injeksi pada bulan Desember 2001 sehingga menurunkan tekanan dan temperatur uap di dalam reservoir. Nilai anomali sebesar $+300\mu\text{Gal}$ s/d $+600\mu\text{Gal}$ pada pengamatan periode Agustus 2001-Januari 2002 membuktikan bahwa telah terjadi perubahan fase uap menjadi menjadi air akibat penurunan temperatur. Hal ini sekaligus membuktikan hipotesis bahwa perubahan fase air menjadi uap selama operasi peningkatan produksi minyak akan membangkitkan tanggapan anomali gayaberat-mikro 4D bernilai positif.

Untuk mendapatkan penyebaran fluida pada kedalaman reservoir yaitu 600m maka didesain sebuah operator dekonvolusi ukuran $61s \times 61s$ dan ditempatkan pada kedalaman maksimum yaitu $h/s \cong 5$ dimana s adalah jarak grid dengan nilai 120m. Namun penerapan operator dekonvolusi pada data lapangan sangat sulit karena adanya berberbagai keterbatasan pada operator dan data lapangan seperti jumlah data atau ukuran grid data jauh lebih kecil dari ukuran operator dekonvolusi sehingga operator menjadi tidak stabil dan data gayaberat lapangan mungkin terkontaminasi dengan efek benda-benda dangkal. Oleh karena distribusi rapat massa hasil dekonvolusi tidak konsisten dengan distribusi anomali gayaberat lapangan, maka interpretasi pergerakan uap selama operasi peningkatan produksi minyak berdasarkan rapat massa dekonvolusi belum bisa dilakukan.

PRAKATA

Syukur *Alhamdulillah hi rabbil 'alamin* peneliti utama panjatkan kepada Allah SWT atas berkat, ramat dan karunia-Nya jualah kegiatan Penelitian Ilmu Dasar ini dapat diselesaikan sesuai rencana dalam proposal.

Dalam melaksanakan kegiatan Penelitian Ilmu Dasar ini, peneliti utama telah banyak mendapatkan masukan, bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu izinkan kami menyampaikan terima kasih kepada :

1. Pimpinan Universitas Negeri Padang seperti Rektor, Dekan FMIPA, Ketua Jurusan Fisika dan Ketua Lembaga Penelitian atas dukungan dan izin penelitian yang telah diberikan. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada staf LP UNP Ibu El, dkk yang telah berkoordinasi dengan baik selama kegiatan penelitian ini.
2. Rektor Institut Teknologi Bandung Prof.Dr. Ir. Djoko Santoso, M.Sc dan Ketua Departemen Teknik Geofisika-ITB Dr. Wawan Gunawan A Kadir, M.S, atas bantuan alat, diskusi dan dukungan terhadap kegiatan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada teknisi Departemen Teknik Geofisika-ITB Dedy Sukamayadi atas peran serta dalam pengumpulan data di lapangan.
3. Segala pihak yang telah turut serta dan tidak mungkin disebutkan satu per satu.

Semoga bantuan yang telah diberikan dapat memajukan perkembangan Ilmu Dasar di Indonesia serta segala amal baik yang telah diberikan akan mendapatkan imbalan yang setimpal dari Allah SWT.

Padang, awal November 2005

*Selamat Hari Raya Idul Fitri 1426H
mohon maaf lahir dan batin.*

Peneliti utama

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR		Halaman
2-1	Bagan alir rancangan penelitian	7
3-1	Potensial gayaberat pada titik $P(x,y,z)$ yang disebabkan $\rho(\alpha,\beta,\gamma)$	10
3-2	Model ideal <i>steamflood</i>	12
4-1	Penampang anomali gayaberat dari prisma berukuran 60mx60mx50m ditempatkan pada kedalaman 600m.	28
4-2	Amplitudo operator dekonvolusi pada kedalaman (a) $1 \leq h/s \leq 8$ dan (b) $9 < h/s \leq 10$	29
4-3	Hubungan (a) C^T dan, (b) $C^T C$ terhadap ukuran grid (2M-1)	30
4-4	Hubungan (a) C^T dan, (b) $C^T C$ terhadap ukuran operator (MxN), dengan M=N	30
4-5	Hubungan (a) C^T dan, (b) $C^T C$ terhadap rasio (h/s) dengan ketebalan tetap	30
4-6	Hubungan antara $C^T C$ terhadap panjang operator (a) $3s \leq M \leq 51s$, (b) $3s \leq M \leq 101s$, (c) $3s \leq M \leq 201$ dan (d) hubungan panjang operator terhadap rasio (h/s).	32
4-7	Hubungan (a) resolusi rapat massa terhadap rasio (h/s), (b) resolusi operator dekonvolusi ukuran 51s terhadap rasio (h/s).	33
4-8	Hubungan (a) resolusi rapat massa terhadap rasio (h/s), (b) resolusi operator dekonvolusi ukuran 101s terhadap rasio (h/s)	33
4-9	Hubungan (a) resolusi rapat massa terhadap rasio (h/s), (b) resolusi operator dekonvolusi ukuran 201s terhadap rasio (h/s).	33
4-10	Tanggapan anomali gayaberat tiga buah prisma dengan kontras rapat massa masing-masing adalah $0,5 \text{ g/cm}^3$, $-0,2 \text{ g/cm}^3$ dan $0,3 \text{ g/cm}^3$ disusun pada kedalaman 1 km dan 0, 5km dengan spasi grid 1 km(Kadir, dkk, 1995).	34
4-11	Rapat massa hasil dekonvolusi menggunakan ukuran operator (a) 3km x 3km,(b) 5km x 5km,(c) 9km x 9km, dan (d)11km x11km.	35
4-12	(a) Model rapat massa zona <i>steamflood</i> dan (b) anomali gayaberat-mikro 4D	37
4-13	Rapat massa hasil dekonvolusi pada rasio kedalaman (a) $h/s=6$, (b) $h/s=7$, (c) $h/s=8$ dan (d) $h/s=9$ menggunakan panjang operator 101s dimana $s=60\text{m}$. Ketebalan zona <i>steamflood</i> adalah 50m.	38
4-14	RMS terhadap perubahan ketebalan operator dekonvolusi dimana zona <i>steamflood</i> diparameteri dengan ketebalan model	39

(a) 10m, (b) 30m, (c) 50m dan (d) 70m.

4-15	Penampang lapisan tipis yang diinjeksi dengan uap dalam selang waktu tiga dan enam.	41
4-16	Penampang anomali gayaberasat-mikro dari lapisan tipis horizontal setelah diinjeksi dengan uap dalam selang waktu tiga bulan (garis hitam tebal) dan enam bulan (garis putus-putus).	42
4-17 (a)	Peta anomali gayaberasat-mikro dari lapisan tipis horizontal setelah diinjeksi dengan uap dalam selang waktu tiga bulan.	43
4-17(b)	Peta rapat massa hasil dekonvolusi yang diturunkan dari anomali gayaberasat-mikro lapisan tipis horizontal setelah diinjeksi dengan uap dalam selang waktu tiga bulan.	43
4-18(a)	Peta anomali gayaberasat-mikro dari lapisan tipis horizontal setelah diinjeksi dengan uap dalam selang waktu enam bulan	44
4-18(b)	Peta rapat massa hasil dekonvolusi yang diturunkan dari anomali gayaberasat-mikro lapisan tipis horizontal setelah diinjeksi dengan uap dalam selang waktu enam bulan.	45
4-19(a)	Model penampang lapisan tipis tersesarkan secara vertikal turun setelah diinjeksi dengan uap dalam selang waktu tiga dan enam bulan.	47
4-19(b)	Penampang anomali-gayaberasat selang waktu tiga bulan (garis hitam tebal) dan enam bulan (garis putus-putus) yang disebabkan oleh lapisan tipis tersesarkan secara vertikal turun.	47
4-20(a)	Peta anomali-gayaberasat selang waktu tiga bulan yang disebabkan oleh lapisan tipis tersesarkan secara vertikal turun.	48
4-20(b)	Peta rapat massa hasil dekonvolusi yang diturunkan dari anomali-gayaberasat selang waktu tiga bulan yang disebabkan oleh lapisan tipis tersesarkan secara vertikal turun.	49
4-21(a)	Model penampang lapisan tipis tersesarkan secara vertikal naik setelah diinjeksi dengan uap dalam selang waktu tiga dan enam bulan.	50
4-21(b)	Penampang anomali-gayaberasat selang waktu tiga bulan (garis hitam tebal) dan enam bulan (garis putus-putus) yang disebabkan oleh lapisan tipis tersesarkan secara vertikal naik.	51
4-22(a)	Peta anomali-gayaberasat selang waktu tiga bulan yang disebabkan oleh lapisan tipis tersesarkan secara vertikal naik.	52

4-22(b)	Peta rapat massa hasil dekonvolusi yang diturunkan dari anomali-gayaberat selang waktu tiga bulan yang disebabkan oleh lapisan tipis tersesarkan secara vertikal naik.	52
4-23(a)	Model penampang graben setelah diinjeksi dengan uap dalam selang waktu tiga dan enam bulan.	54
4-23(b)	Penampang anomali-gayaberat selang waktu tiga bulan (garis hitam tebal) dan enam bulan (garis putus-putus) yang disebabkan oleh struktur graben.	54
4-24(a)	Peta anomali-gayaberat selang waktu enam bulan yang disebabkan oleh struktur graben.	55
4-24(b)	Peta rapat massa hasil dekonvolusi yang diturunkan dari anomali-gayaberat selang waktu enam bulan yang disebabkan oleh struktur graben.	56
4-25(a)	Model penampang horst setelah diinjeksi dengan uap dalam selang waktu tiga dan enam bulan.	57
4-25(b)	Penampang anomali-gayaberat selang waktu tiga bulan (garis hitam tebal) dan enam bulan (garis putus-putus) yang disebabkan oleh struktur horts.	58
4-26(a)	Peta anomali-gayaberat selang waktu enam bulan yang disebabkan oleh struktur horts.	59
4-26(b)	Peta rapat massa hasil dekonvolusi yang diturunkan dari anomali-gayaberat selang waktu enam bulan yang disebabkan oleh struktur horts.	59
4-27	Gambaran struktur LMM (Sumber : Eubank dan Makki,1981)	61
4-28	Stratigrafi umum daerah penelitian	63
4-29	Stratigrafi area LOSF dan sekelilingnya (Sumber : Toha, dkk., 1999)	64
4-30(a)	Peta anomali gayaberat-mikro 4D lapangan periode Maret 2001-Agustus 2001	66
4-30(b)	Peta anomali gayaberat-mikro 4D lapangan periode Agustus 2001-Januari 2002	67

- 4-31(a) Peta kontras rapat massa hasil dekonvolusi yang diturunkan dari peta anomali gayabarat-mikro 4D lapangan periode Maret 2001-Agustus 2001. 69
- 4-31(b) Peta kontras rapat massa hasil dekonvolusi yang diturunkan dari peta anomali gayabarat-mikro 4D lapangan periode Agustus 2001-Januari 2002. 70

DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

LAMBANG	ARTI
ITB	Institut Teknologi Bandung
UNP	Universitas Negeri Padang
PT.CPI	Perseroan Terbatas Caltex Pacifik Indonesia
4D	empat dimensi
$\Delta\tau$	selang waktu pengukuran
τ_0	waktu pengukuran awal
τ_1	waktu pengukuran akhir
SEG	<i>Society of Exploration Geophysicists</i>
LOSF	<i>Light Oil Steam Flood</i>
LMLM	Lapangan minyak LOSF Minas
ρ	rapat massa dari benda anomali gayaberat
α, β, γ	koordinat rapat massa
∇^2	Laplacian
F	fungsi Green dari potensial gayaberat
K	konstanta gayaberat umum= $6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg sec}^2$
U	potensial gayaberat
x,y,z	koordinat stasiun
Δ	delta
∇	gradien
g_z	gayaberat-mikro arah sumbu-z
h	kedalaman benda anomali
h/s	rasio kedalaman terhadap jarak stasiun/grid
h_1	kedalaman atas benda anomali
h_2	kedalaman bawah benda anomali
R	fungsi Green dari anomali gayaberat
s	jarak stasiun/grid
C(x,y)	operator dekonvolusi dalam kawasan ruang
M	panjang operator dekonvolusi arah sumbu-x
N	panjang operator dekonvolusi arah sumbu-y
a	panjang prisma
b	lebar prisma
C(u,v)	operator dekonvolusi dalam kawasan bilangan gelombang
K	vektor bilangan gelombang
u	bilangan gelombang arah sumbu x
v	bilangan gelombang arah sumbu y
t	ketebalan benda anomali= h_2-h_1
λ	perkalian Lagrange
C_w	operator Wiener
G_{pg}	matrik korelasi silang
R_{gg}	matrik korelasi diri
ε	bising berasosiasi dengan anomali gayaberat

E	kesalahan energi
I	matrik identitas
σ^2	standar deviasi
\otimes	operasi konvolusi
ρ_j	vektor model/rapat massa
c_j	vektor koefisien dekonvolusi
g^{benar}	gayaberat yang dianggap benar
g_i	vektor data/gayaberat
g^{konv}	gayaberat hasil konvolusi
i	panjang vektor i
ij	ukuran matrik baris i kolom j
j	panjang vektor j
ji	ukuran matrik baris j kolom i
R_{ij}	matrik kernel data fungsi Green
S_{ij}	matrik resolusi gayaberat
G_{ij}^{-g}	matrik inversi tergeneralisasi
C_{ji}	matrik kernel data
G_{ji}	matrik kernel data baru
ρ^{dekonv}	rapat massa hasil dekonvolusi
ρ^{obs}	rapat massa hasil pengamatan
c^{benar}	operator dekonvolusi yang dianggap benar
c^{dekonv}	operator dekonvolusi
C^T	jumlah total set koefisien operator dekonvolusi
$C^T C$	jumlah kuadrat total set koefisien operator dekonvolusi
n	jumlah sel matrik operator dekonvolusi ternormalisasi
N_{ij}	matrik resolusi operator dekonvolusi
R_{ii}	matrik resolusi rapat massa
T	transpos dari vektor atau matrik
U	vektor uniter= [1, 1, 1, 1, ...]
r	jumlah sel resolusi matrik rapat massa ternormalisasi
RMS	<i>Root Mean Squares</i>
SVD	<i>Singular Value Decomposition</i>
LMM	Lapangan minyak Minas

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang masalah

Pada saat ini telah terjadi perubahan secara mendasar dalam metoda gayaberat karena adanya peningkatan ketelitian alat dan perbaikan teknik survai. Pada akhir tahun 2000, LaCoste & Romberg mengeluarkan gravimeter digital akurasi $1\mu\text{Gal}$ sehingga ketelitian alat berubah secara signifikan dari orde mGal ke orde μGal . Perbaikan dalam teknik survai ditandai dengan perubahan dari survai 3D menjadi survai 4D dimana waktu adalah dimensi ke-4 sehingga metoda ini dikenal dengan nama metoda gayaberat-mikro 4D atau *the time-lapse microgravity*. Survai gayaberat-mikro 4D adalah survai pengukuran dimana nilai gayaberat-mikro pada saat τ_1 (survai awal) dibandingkan pada saat τ_2 (survai akhir). Perbedaan antara nilai gayaberat-mikro pada saat τ_1 dan τ_2 disebut anomali gayaberat mikro selang waktu $\Delta\tau=\tau_2-\tau_1$ atau anomali gayaberat-mikro 4D atau *the time-lapse microgravity anomaly*. Anomali gayaberat mikro 4D ini dapat ditafsirkan sebagai perubahan rapat massa batuan di bawah permukaan. Hal ini berarti metoda gayaberat-mikro 4D secara tidak langsung dapat merekam perubahan rapat massa di bawah permukaan baik dalam dimensi ruang dan maupun waktu. Dengan kemampuan seperti ini, metoda gayaberat mikro 4D telah menjadi alternatif baru dalam memecahkan masalah-masalah dinamika dibawah permukaan seperti pemantauan injeksi uap, injeksi air, panas bumi, gas, minyak bumi, intrusi air laut, penurunan muka air tanah dan subsiden.

Akan tetapi peningkatan dalam ketelitian alat dan perbaikan dalam teknik survai belum ditunjang oleh pengembangan dalam teknik akuisisi, pengolahan dan interpretasi data sehingga penerapannya masih belum optimal. Oleh karena itu penelitian untuk menemukan teknik akuisisi, pengolahan dan penafsiran data yang baru untuk menunjang penerapan metoda gayaberat mikro 4D di lapangan adalah penting mengingat metoda ini sangat prospek di masa depan dengan bidang terapan yang sangat luas.

Salah satu teknik akuisisi, pengolahan dan penafsiran data gayaberat yang paling berkembang pada saat ini adalah teknik dekonvolusi. Hal ini didasarkan atas kenyataan bahwa data gayaberat yang terukur di permukaan dapat dinyatakan sebagai konvolusi antara rapat massa pada kedalaman sumber dengan sebuah fungsi Green yang

berhubungan dengan faktor-faktor geometri sumber. Permasalahan yang harus diselesaikan adalah bagaimana mendesain sebuah operator dekonvolusi ukuran tertentu agar rapat massa pada kedalaman sumber dapat ditafsirkan dengan baik.

Hasil penelitian awal telah berhasil menemukan desain operator dekonvolusi pada kedalaman ($h/s \leq 1$). Penelitian lanjutan yang dilakukan adalah mendesain operator dekonvolusi pada kedalaman ($h/s \geq 1$), beberapa pengembangan dan penemuan kriteria-kriteria untuk menilai kinerja operator dekonvolusi dilakukan. Dari hasil penelusuran pustaka, sampai saat ini sangat sedikit literatur yang menerbitkan hasil-hasil penelitian tentang desain operator dekonvolusi pada kedalaman ($h/s \geq 1$). Temuan dari penelitian diharapkan akan memperkaya khazanah ilmu pengetahuan dasar mengenai kriteria-kriteria baru dalam mendesain operator dekonvolusi pada kedalaman ($h/s \gg 1$). Jadi pentingnya penelitian ini adalah :

1. Diperoleh landasan ilmiah untuk menurunkan perumusan persamaan dekonvolusi data anomali gayaberat-mikro 4D untuk menurunkan operator dekonvolusi pada kedalaman sumber.
2. Diperoleh kriteria-kriteria baru mengukur kinerja operator dekonvolusi.
3. Bila kajian awal ini berhasil, terbuka kemungkinan pengembangan teknik dekonvolusi untuk menafsirkan data anomali gayaberat-mikro 4D yang terkontaminasi dengan bising yaitu anomali-anomali diluar target.

1.2. Masalah pemilihan studi kasus

Daerah yang menjadi studi kasus adalah salah satu lapangan minyak yang diinjeksi dengan uap di Sumatera. Luas area yang diselidiki adalah $1400 \times 1400 \text{ m}^2$ atau $23s \times 23s$ dimana $s=60\text{m}$ adalah jarak stasiun. Reservoir minyak diperkirakan berada pada kedalaman 600m-700m dengan ketebalan sekitar 180m. Penelitian ini menjadi studi kasus yang sangat menarik karena seluruh informasi yang diperlukan untuk menghitung tanggapan anomali gayaberat-mikro 4D secara teoritik sudah tersedia seperti jumlah produksi minyak/hari, jumlah injeksi minyak/hari, kedalaman reservoir, ketebalan reservoir, jarak stasiun, jumlah stasiun, luas area dan selang waktu pengamatan.

I-3. Cara pendekatan dan metodologi penelitian

Untuk mencapai tujuan penelitian maka dua pola pendekatan ilmiah dipilih yaitu pemodelan dan studi kasus. Pendekatan pemodelan bertujuan untuk mendapatkan tanggapan anomali gayabarat-mikro 4D secara teoritik akibat penggantian minyak dengan uap selama operasi peningkatan produksi minyak. Pendekatan studi kasus bertujuan untuk menerapkan metoda pada data lapangan. Kegiatan yang dilakukan adalah pengumpulan, pengolahan dan penafsiran data yang ditunjang oleh data-data inti dan sumur.

Secara garis besar penyelesaian masalah penelitian adalah melakukan pemodelan untuk menghitung tanggapan gayabarat-mikro secara teoritik pada saat τ_1 dan τ_2 . Nilai gayabarat-mikro pada saat τ_1 berassosiasi sebagai kondisi reservoir sebelum injeksi dan nilai gayabarat-mikro pada saat τ_2 berassosiasi sebagai kondisi reservoir setelah injeksi. Dalam hal ini peta anomali gayabarat-mikro 4D didefenisikan sebagai selisih antara nilai gayabarat-mikro dalam selang waktu $\Delta\tau=\tau_2-\tau_1$. Hasil penelitian pemodelan akan diterapkan pada data lapangan sebagai verifikasi. Penelitian pemodelan akan dikembangkan mengikuti kondisi riil lapangan seperti model lapisan tipis, sesar, graben dan horst.

Selanjutnya rapat massa pada kedalaman reservoir diturunkan dari data anomali gayabarat-mikro 4D dengan teknik dekonvolusi baik untuk data sintetik maupun data lapangan. Pengembangan teori/metoda diperlukan terutama bila data anomali gayabarat-mikro 4D secara teoritik atau rapat massa hasil dekonvolusi berbeda dengan data lapangan. Validitas metoda diujikan pada data sintetik sebelum diterapkan pada data lapangan.

I-4. Pelaksanaan penelitian secara garis besar

Pelaksanaan penelitian secara garis besar dilakukan dalam dua arah yaitu pemodelan dan studi kasus. Penelitian pemodelan bertujuan untuk mendapatkan anomali gayabarat-mikro secara teoritik sesuai kondisi-kondisi reservoir. Perhitungan anomali gayabarat-mikro 4D secara teori dari berbagai model pada kondisi-kondisi reservoir dilakukan menggunakan program MATLAB versi 7.0.1.24704 (Release 14), pengkonturan dan pengkisian dilakukan menggunakan program SURFER 8.00 sedangkan

desain penampang reservoir dilakukan menggunakan program CorelDRAW 12.

Pendekatan studi kasus bertujuan untuk menerapkan metoda pada data lapangan. Kegiatan yang dilakukan adalah pengumpulan, pengolahan, dan analisa data. Pengumpulan data lapangan menggunakan dua gravimeter yaitu (1) gravimeter LaCoste & Romberg model G-1158 yang dilengkapi sistem Alloid dan (2) gravimeter LaCoste & Romberg model G-508 yang dilengkapi sistem Feed Back via komputer. Peralatan lain yang diperlukan adalah GPS dan altimeter untuk menentukan posisi dan ketinggian stasiun. Gravimeter model G-1158 digunakan sebagai peralatan lapangan untuk mengukur nilai gayaberat di setiap stasiun, dan gravimeter model G-508 dipasang pada stasiun dasar (BS) untuk mengamati variasi diurnal akibat efek gayaberat yang disebabkan benda-benda angkasa luar (tidal). Pengamatan gayaberat dikontrol dengan mengaplikasikan sistem tertutup dimana stasiun dasar selalu diamati dua kali yaitu sebelum dan setelah pengamatan gayaberat di lapangan. Pengumpulan data menggunakan "teknik 4D" dimana setiap stasiun diamati minimal dua kali dalam selang waktu tiga atau empat bulan. Sampai saat ini, tiga pengumpulan data telah dilakukan yaitu pada bulan Maret 2001, Oktober 2001 dan Januari 2002. Dari ketiga pengumpulan data diperoleh dua peta anomali gayaberat-mikro yaitu selang waktu Oktober 2001-Maret 2001 dan Januari 2002-Oktober 2001. Analisa pergerakan uap selama penelitian akan merujuk kepada model ideal yang telah dirumuskan. Distribusi fluida pada kedalaman reservoir akan ditafsirkan berdasarkan rapat massa hasil dekonvolusi.

BAB II TUJUAN PENELITIAN DAN MANFAAT

2.1. Tujuan penelitian dan lingkup permasalahan

Tujuan umum dari penelitian ini adalah

1. Menghitung tanggapan anomali gayaberat-mikro 4D secara teoritik yang disebabkan sumber rapat massa dibawah permukaan. Model yang digunakan adalah model ideal *steamflood* yang menggambarkan pergerakan uap dari sumur produksi ke sumur injeksi.
2. Menemukan kriteria-kriteria baru untuk menilai kinerja operator dekonvolusi baik sebelum maupun setelah diberi konstrain.
3. Menerapkan metoda pada daerah studi kasus pada salah satu lapangan minyak yang diinjeksi dengan uap di Sumatera.

Ruang lingkup dan batas penelitian adalah kajian teoritis tentang anomali gayaberat-mikro 4-D yang disebabkan oleh benda-benda bawah permukaan. Asumsi yang digunakan adalah (1) injeksi uap mengikuti model ideal *steamflood*, (2) tanggapan anomali gayaberat-mikro 4D yang diukur dipermukaan dapat dinyatakan sebagai konvolusi antara kontras rapat massa dibawah permukaan dengan suatu fungsi Green yang berhubungan faktor-faktor geometri sumber dan (3) model reservoir dapat didekati oleh satu atau lebih prisma sisi tegak.

Hipotesis yang akan dibuktikan dalam penelitian ini adalah apakah tanggapan anomali gayaberat-mikro 4D akan bernilai negatif akibat penggantian minyak dengan uap selama operasi peningkatan produksi minyak. Hipotesis lain yang akan diuji adalah apakah tanggapan anomali gayaberat-mikro 4D akan bernilai positif jika fase uap berubah menjadi air akibat penghentian injeksi. Mengingat keterbatasan waktu, tenaga dan biaya, maka pengukuran lapangan di batasi maksimal tiga kali selama