



UNIVERSITAS PERTAHANAN REPUBLIK INDONESIA

**PEMODELAN IDENTIFIKASI SENJATA DI BAWAH TANAH
DENGAN METODE FORWARD MODELLING DALAM
MENDUKUNG OPERASI PEMBERANTASAN SEPARATISME
DI WILAYAH KABUPATEN JAYAPURA PAPUA**




**ANDINI ARPILIA ARDHANA
120220402002**

Tesis yang Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam
Mendapatkan Gelar Magister Pertahanan

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI PERTAHANAN
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PENGINDERAAN**






**BOGOR
2024**

LEMBAR PERSETUJUAN TESIS

Nama : Andini Aprilia Ardhana	
NIM : 120220402002	
Program Studi : Teknologi Penginderaan	
Fakultas : Sains dan Teknologi Pertahanan	
Judul Tesis : Pemodelan Identifikasi Senjata di Bawah Tanah dengan Metode Forward Modelling dalam Mendukung Operasi Pemberantasan Separatisme di Wilayah Sentani Barat, Jayapura	
Pembimbing I,  Prof. Dr. Ir Sobar Sutisna, M. Surv. Sc. NRP Tanggal: 21 Januari 2024	Pembimbing II,  Laksamana Pertama TNI Dr. Ir. Trismadi, M.Si., IPU. NRP Tanggal: 21 Januari 2024
Mengetahui, Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Pertahanan Universitas Pertahanan Republik Indonesia  Prof. Dr. Jr. Muhamad Asvial, M.Eng. Pembina Tk. I IV/B NIP. 196804061994031014 Tanggal: 10 Januari 2024	

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Nama	: Andini Aprilia Ardhana
NIM	: 120220402002
Program Studi	: Teknologi Penginderaan
Fakultas	: Sains dan Teknologi Pertahanan
Judul Tesis	: Permodelan Identifikasi Senjata di Bawah Tanah dengan Metode Forward Modelling dalam Mendukung Operasi Pemberantasan Separatisme di Wilayah Sentani Barat, Jayapura.

No	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Pembimbing I: Prof. Dr. Ir Sobar Sutisna, M. Surv. Sc.		29/1/2024
2.	Pembimbing II: Laksamana Pertama TNI (Purn) Dr. Ir. Trismadi, M.Si., IPU.		29/1/2024
3.	Penguji I: Syachrul Arief, S.Si., Ph.D		29/1/2024
4.	Penguji II: Dr. Drs. Marsono, M.Si., CIQnR. Kolonel Pas NIRP 519801		29/1/2024
5.	Penguji III: Kolonel Sus. Agus Haryanto Ikhsanudin, M.Han.		29/1/2024

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis ini tidak terdapat karya atau bagian karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan jenjang apapun di suatu Perguruan Tinggi; dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat istilah, frasa, kalimat, paragraf, subbab atau bab dari karya yang pernah ditulis atau diterbitkan; kecuali yang secara tertulis diajukan dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Referensi.

Apabila di kemudian hari terbukti bahwa terdapat plagiat dalam tesis ini, saya bersedia untuk menerima sanksi ketentuan peraturan/undang-undang yang berlaku.

Bogor, 23 Januari 2024



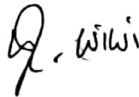




Andini Aprilia Ardhana



FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI PERTAHANAN
TATA USAHA

FORM SYARAT MENGIKUTI YUDISIUM

Nama Mahasiswa : Andini Aprilia Ardhana
NIM : 120220402002
Program Studi/Cohort : Teknologi Penginderaan/6
Alamat Rumah : Poris Gaga Baru, RT 004 RW 003, Kel. Poris Gaga Baru,
Kec. Batuceper, Kota Tangerang, Banten
Nomor Telepon/HP : 085778821005
Email : andiniardhana18@gmail.com

NO	Uraian	Tanggal Pengumpulan	Paraf & Nama Staf	Keterangan
1	1 Buah Buku, Bebas Perpustakaan, CD tesis			
2	Soft copy tesis dan soft copy jurnal dalam bentuk CD (@ 3 buah)			
3	Pas Poto 4X6 dan 3X4 masing-masing 2 lembar (pakaian jas/blazer warna gelap, berdasi merah, latar belakang putih) dan softcopy dalam CD	30-01-2024		tanpa CD
4	Blanko Alumni dari Rodik	30-01-2024		
5	Bukti LoA Jurnal Internasional dan Nasional	29-1-2024	 	
6	2 buah buku Referensi Tesis untuk perpustakaan Prodi	29-1-2024		lengkap

Bogor, 2024
a.n Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Pertahanan
Wakil Dekan
u.b.
Kasubbagum FSTP,



Omas Setia, S.H., M.H.
Mayor Chk NRP. 619348



FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI PERTAHANAN
TATA USAHA

FORM SYARAT UNTUK PENGAJUAN DANA
PENELITIAN MAHASISWA

Nama Mahasiswa : Andini Aprilia Ardhana
NIM : 120220402002
Program Studi/Cohort : Teknologi Penginderaan/6
Alamat Rumah : Poris Gaga Baru, RT 004 RW 003, Kel. Poris Gaga Baru,
Kec. Batuceper, Kota Tangerang, Banten
Nomor Telepon/HP : 085778821005
Email : andiniardhana18@gmail.com

NO	Uraian	Tanggal Pengumpulan	Paraf & Nama Staf	Keterangan
1	Hard Copy Tesis dan Lembar Pengesahan (3 Rangkap)			
2	Soft copy Jurnal	20-1-2024		
3	Soft copy Tesis			
4	Takah Bimbingan	30-1-24		lengkap

Bogor, 2024
a.n Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Pertahanan
Wakil Dekan
u.b.
Kasubbagum FSTP,

Omas Setia, S.H., M.H.
Mayor Chk NRP. 619348

KATA PENGANTAR



Segala puji dan syukur kami haturkan kepada Allah yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, yang terus melimpahkan ampunan dan karunia-Nya kepada seluruh ciptaan-Nya di dunia ini. Dengan rasa syukur yang mendalam, penghargaan kami sampaikan atas berkah-Nya, doa yang tak henti dari orang tua, dan dukungan penuh keluarga yang senantiasa mendampingi perjalanan ini.

Tesis ini, sebagai syarat untuk meraih gelar Magister di Program Studi Teknologi Penginderaan, Fakultas Teknologi Pertahanan, Universitas Pertahanan Republik Indonesia, berjudul **“Pemodelan Identifikasi Senjata di Bawah Tanah dengan Metode Forward Modelling dalam Mendukung Operasi Pemberantasan Separatisme di Wilayah Sentani Barat, Jayapura”** berhasil diselesaikan berkat rahmat dan petunjuk-Nya.

Proses penelitian ini tidak terlepas dari bimbingan dan dukungan yang tiada hentinya dari dosen pembimbing, rekan-rekan sejawat, dan semua pihak yang berkontribusi baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, peneliti mengucapkan terima kasih kepada semua yang terlibat:

1. Letjen TNI Jonni Mahroza, Ph.D. selaku Rektor Universitas Pertahanan Republik Indonesia
2. Prof. Dr. Ir. Muhamad Asvial, M.Eng. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Pertahanan Universitas Pertahanan Republik Indonesia
3. Kolonel Sus. Agus Haryanto Ikhsanudin, M.Han. selaku Ketua Program Studi Teknologi Penginderaan Fakultas Sains dan Teknologi Pertahanan Universitas Pertahanan Republik Indonesia
4. Dosen Pembimbing I, Prof. Dr. Ir Sobar Sutisna, M. Surv. Sc
5. Dosen Pembimbing II, Laksamana Pertama TNI Dr. Ir. Trismadi, M.Si., IPU.

6. Orang Tua, kakak dan adik yang sangat dicintai yang selalu mendoakan dan memberikan semangat.
7. Teman-teman seperjuangan yang memberikan dukungan baik moril maupun materil sehingga tesis ini dapat terselesaikan.
8. Semua pihak yang membantu dalam pelaksanaan penelitian.
9. Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas kebaikan-kebaikan berbagai pihak atas bantuannya. Kami menyadari bahwa tesis ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu dengan kerendahan hati kami menerima kritik dan saran yang konstruktif demi kesempurnaan tesis ini.
10. Semoga tesis ini menjadi kontribusi kecil yang bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang Industri Pertahanan. Kami bersyukur atas setiap langkah yang telah diberikannya dan berdoa semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat luas bagi masyarakat dan bangsa

Saya berharap bahwa Penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam upaya pelestarian sumber daya perikanan di wilayah perairan Laut Arafura dan dapat menjadi landasan bagi Penelitian lebih lanjut di bidang ini. Terima kasih atas dukungan dan bantuan semua pihak dalam perjalanan Penelitian ini.

Bogor, 23 Januari 2024

Andini Aprilia Ardhana

ABSTRAK

PEMODELAN IDENTIFIKASI SENJATA DI BAWAH TANAH DENGAN METODE FORWARD MODELLING DALAM MENDUKUNG OPERASI PEMBERANTASAN SEPARATISME DI WILAYAH SENTANI BARAT, JAYAPURA

Andini Aprilia Ardhana

Pertahanan nasional sebagai pilar utama suatu negara menjadi krusial dalam menjaga kedaulatan dan keamanan. Ancaman separatisme, yang telah mengguncang banyak negara, tidak hanya merusak pertahanan, tetapi juga berdampak pada stabilitas politik, sosial, dan ekonomi. Kelompok separatis sering menggunakan taktik sulit diidentifikasi, termasuk penyelundupan dan penyimpanan senjata. Taktik penyembunyian senjata di bawah tanah menjadi pilihan cerdas yang memerlukan teknologi untuk identifikasi yang efektif. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi keberadaan hingga jenis, bentuk, ukuran, dan lokasi objek tersembunyi dengan menggunakan simulasi metode *forward modelling-finite difference*. Selain itu, identifikasi karakteristik struktur geologi dengan metode anomali gravitasi juga dilakukan untuk mendukung simulasi. Penelitian ini juga membahas kondisi geografi di sentani barat untuk memfasilitasi operasi *unmanned ground vehicle* jika *ground penetrating radar* diterapkan pada alat tersebut. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif eksperimental dengan simulasi keberadaan senjata yang dikubur di bawah permukaan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode anomali gravitasi, dengan peta kontur anomali *Bouguer* dan model 3 dimensi, menghasilkan identifikasi struktur geologi di area penelitian. Metode anomali gravitasi memberikan representasi yang baik sebagai parameter medium dalam simulasi *forward modelling-finite difference*. Sementara citra radargram hasil *forward modelling-finite difference* memberikan informasi tentang jenis, bentuk, dan ukuran objek tersembunyi yaitu berupa peti kayu dan senjata api dilihat dari amplitudo pada frekuensi 100 mhz dan 250 mhz. Kemudian analisis citra satelit, terutama peta topografi, memberikan gambaran tentang kondisi topografi di dataran Sentani Barat, Jayapura.

Kata Kunci: Anomali Gravitasi, *Forward Modelling-Finite Difference*, *Ground Penetrating Radar*, Separatisme, *Unmanned Ground Vehicle*

ABSTRACT

MODELING THE IDENTIFICATION OF UNDERGROUND WEAPONS WITH THE FORWARD MODELING METHOD IN SUPPORTING OPERATIONS TO ERADICATE SEPARATISM IN THE JAYAPURA DISTRICT OF PAPUA

Andini Aprilia Ardhana

National defense as the main pillar of a country is crucial in maintaining sovereignty and security. The threat of separatism, which has shaken many countries, not only undermines defense, but also impacts political, social and economic stability. Separatist groups often use hard-to-identify tactics, including weapons smuggling and storage. The tactic of hiding weapons underground is a clever choice that requires technology for effective identification. This research aims to identify the presence to type, shape, size, and location of hidden objects using forward modeling-finite difference method simulation. In addition, identification of geological structure characteristics by gravity anomaly method is also conducted to support the simulation. This research also discusses the geographical conditions in Sentani Barat to facilitate unmanned ground vehicle operations if ground penetrating radar is applied to the tool. This research uses an experimental quantitative method by simulating the presence of weapons buried below the surface. The results of this study show that the gravity anomaly method, with Bouguer anomaly contour maps and 3-dimensional models, results in the identification of geological structures in the study area. The gravity anomaly method provides a good representation as a medium parameter in the forward modeling-finite difference simulation. Meanwhile, the radargram image of the forward modeling-finite difference results provides information about the type, shape, and size of hidden objects, namely wooden crates and firearms seen from the amplitude at 100 mhz and 250 mhz frequencies. Then the analysis of satellite imagery, especially topographic maps, provides an overview of the topographic conditions in the west Sentani Barat, Jayapura.

Keywords: *Forward Modeling-Finite Difference, Gravity Anomaly, Ground Penetrating Radar, Separatism, Unmanned Ground Vehicle*

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TESIS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN TESIS	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR BAGAN	xiv
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	16
1.1 Latar Belakang.....	16
1.2 Identifikasi Masalah	21
1.3 Pembatasan Masalah	21
1.4 Rumusan Masalah	21
1.5 Tujuan Penelitian	22
1.6 Manfaat Penelitian	22
1.6.1 Manfaat Teoritis.....	22
1.6.2 Manfaat Praktis	23
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	24
2.1 Landasan Teori.....	24
2.1.1. Sistem Pertahanan Negara	24
2.1.2. <i>Ground Penetrating Radar</i>	25

2.1.2	Prinsip Dasar Anomali Gravitasi.....	33
2.2	Penelitian Terdahulu.....	43
2.2	Kerangka Pemikiran.....	47
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		49
3.1	Metode dan Desain Penelitian	49
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian.....	50
3.2.1	Tempat Penelitian	50
3.2.1	Waktu Penelitian	51
3.3	Teknik Pengumpulan Data.....	52
3.4.1	Alat.....	53
3.4.2	Bahan.....	54
3.5	Teknik Pengolahan Data.....	54
3.5.1	Pengolahan Data Anomali Gravitasi.....	54
3.5.2	Ground Penetrating Radar.....	56
3.5.2.1	Simulasi Forward Modelling.....	59
3.5.3	Pengolahan Data untuk Identifikasi Topografi.....	60
3.6	Teknik Analisis Data	61
3.6.1	Ground Penetrating Radar	62
3.6.2	Topografi	65
BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		67
4.1	Deskripsi Data.....	67
4.1.1.	Anomali Gravitasi	67
4.1.2.	<i>Forward Modelling Finite Difference</i>	70
4.1.3.	Topografi	70
4.2	Hasil Pengumpulan Data	70

4.2.1.	Kondisi Geografis Wilayah Kajian	70
4.2.2.	Data Akuisisi Lapangan GPR	74
4.2.3.	Citra Landsat 8.....	74
4.3	Hasil Pengolahan Data	75
4.3.1	Hasil Pengolahan Data Anomali Gravitasi.....	75
4.3.1.1	Koreksi Bouguer	75
4.3.1.2	Model 3D Peta Kontur.....	76
4.3.1.3	Invers Modelling 3D	77
4.3.2.2	Korelasi Simulasi Forward Modelling dan Akuisisi	80
4.3.3.	Topografi	81
4.4	Interpretasi Hasil Penelitian	83
4.4.1	Anomali Gravitasi	83
4.4.1.1	Koreksi Bouguer	83
4.4.1.2	Model 3D Peta Kontur.....	83
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		92
5.1	Kesimpulan	92
5.2	Saran	93
DAFTAR PUSTAKA.....		94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Prinsip Operasi GPR.....	26
Gambar 2. 2 Proses forward modelling.....	31
Gambar 2. 3 Gaya Tarik 2 Partikel Massa	33
Gambar 2. 4 Potensial anomali gravitasi Tiga Dimensi.....	35
Gambar 2. 5 anomali gravitasi	36
Gambar 2. 6 Gambaran dari bidang referensi, yaitu Elipsoid, Geoid, dan topografi permukaan	37
Gambar 2. 7 anomali gravitasi Permukaan (g_s), anomali gravitasi Geoidal (g_p), anomali gravitasi Normal (γ), dan anomali gravitasi di Permukaan Equipotensial (g_q).....	38
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian	51
Gambar 3. 2 Contoh Pengolahan Data Lapangan	63
Gambar 3. 3 Simulasi Model Utilitas Objek Berbentuk Persegi	64
Gambar 3. 4 (a) Radargram Simulasi Model Persegi (b) Hasil Migrasi....	64
Gambar 4. 1 Titik Koordinat Data.....	68
Gambar 4. 2 Peta geologi Regional	69
Gambar 4. 3 Data GPR.....	74
Gambar 4. 4 Data Landsat 8.....	75
Gambar 4. 5 Peta Kontur anomali Bouguer Lengkap	76
Gambar 4. 6 Peta 3D anomali Bouguer	77
Gambar 4. 7 Invers Modelling anomali gravitasi (a) 2D dan (b) 3D	78
Gambar 4. 8 Invers Modelling anomali gravitasi (a) 2D dan (b) 3D	78
Gambar 4. 9 Simulasi FD Objek Peti Kayu (abu-abu) dan Senjata Api (Biru)	79
Gambar 4. 10 Radargram Simulasi FD 1) 100 MHz dan 2) 250 MHz	80
Gambar 4. 11 Pengolahan Dummy Data Akusisi Lapangan	81
Gambar 4. 12 Puncak (Pick) Sinyal a) 100 MHz dan b) 250 MHz	81
Gambar 4. 13 Peta Topografi Area Studi dan Sekitarnya	82

Gambar 4. 14 Peta Hillside, Kontur, dan Topografi Wilayah Lokasi
Penelitian dan Sekitarnya 82

DAFTAR BAGAN

Bagan 2. 1 Kerangka Penelitian.....	48
Bagan 3. 1 Desain Penelitian.....	49
Bagan 3. 2 Proses Pengolahan Data Sintetis GPR	57
Bagan 3. 3 Diagram Alir Simulasi dengan Menggunakan Metode FD	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Permeabilitas Magnetik (μ)	27
Tabel 2. 2 Konduktivitas (mS/s)	29
Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu	44
Tabel 2. 4 Kerangka Pemikiran.....	48
Tabel 3. 1 Waktu Penelitian.....	52
Tabel 4. 1 Data anomali gravitasi.....	71