

**PENGEMBANGAN METODE *KRYLOV* PADA SISTEM
CONTINUOUS WAVE DIFFUSE OPTICAL TOMOGRAPHY
(DOT)**

SKRIPSI



NADIA PUTRI NABILA

**PROGRAM STUDI S1 FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA**

2022

LEMBAR PERNYATAAN SKRIPSI

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains Bidang S1 FISIKA
Pada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga

Oleh:

Nadia Putri Nabila

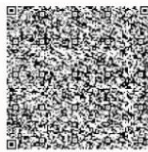
081511333070

Tanggal Lulus:

01-12-2022

Disetujui Oleh:

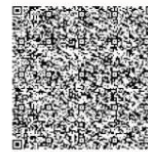
Pembimbing 1



NURIL UKHROWIYAH S.Si., M.Si.

NIP. 197004141999032001

Pembimbing 2



Dr. KHUSNUL AIN S.T., M.Si.

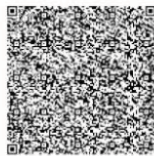
NIP. 197207051997021001

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : PENGEMBANGAN METODE KRYLOV PADA SISTEM CONTINUOUS WAVE DIFFUSE
OPTICAL TOMOGRAPHY (DOT)
Penyusun : Nadia Putri Nabila
NIM : 081511333070
Nama Pembimbing I : NURIL UKHROWIYAH S.Si., M.Si.
Nama Pembimbing II : Dr. KHUSNUL AIN S.T., M.Si.
Tanggal Seminar : 01-12-2022 9:00 AM

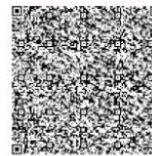
Disetujui Oleh:

Pembimbing 1



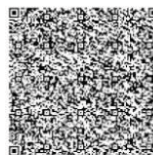
NURIL UKHROWIYAH S.Si., M.Si.
NIP. 197004141999032001

Pembimbing 2



Dr. KHUSNUL AIN S.T., M.Si.
NIP. 197207051997021001

Mengetahui,
Ketua Departemen Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga



HERRI TRILAKSANA S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 197712282003121003

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan, namun tersedia di perpustakaan dalam lingkungan Universitas Airlangga, diperkenankan untuk dipakai sebagai referensi kepustakaan, tetapi pengutipan harus seizin penyusun dan harus menyebutkan sumbernya sesuai kebiasaan ilmiah. Dokumen skripsi ini merupakan hak milik Universitas Airlangga.

Dokumen skripsi ini merupakan hak milik Universitas Airlangga.

SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Nadia Putri Nabila
NIM : 081511333070
Program Studi : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Jenjang : Sarjana (S1)

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul:

PENGEMBANGAN METODE *KRYLOV* PADA SISTEM *CONTINUOUS WAVE DIFFUSE OPTICAL TOMOGRAPHY (DOT)*

Apabila suatu saat nanti terbukti melakukan kegiatan tindakan plagiat, maka saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 23 November 2022

A 10,000 Rupiah Indonesian postage stamp featuring a QR code and a signature. The stamp is pink and white, with the word 'WETER' and the number '10000' visible. A black ink signature is written over the stamp.

Nadia Putri Nabila
NIM. 081511333070

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan naskah skripsi dengan judul **“Pengembangan Metode *Krylov* Pada Sistem *Continuous Wave Diffuse Optical Tomography* (DOT)”** ini dengan lancar. Penulisan skripsi dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai gelar sarjana di program studi Fisika Universitas Airlangga. Selain itu skripsi diharapkan dapat bermanfaat bagi para pembaca maupun peneliti dalam hal memberikan kontribusi pengetahuan terutama dalam bidang Fisika.

Dalam penyusunan skripsi, penulis melalui berbagai hambatan dan kesulitan, namun banyak pihak yang membantu sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Herri Trilaksana, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Ketua Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, yang telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis untuk segera menyelesaikan skripsi.
2. Ibu Dr. Nuril Ukhrowiyah, S.Si, M.Si selaku dosen pembimbing I yang telah banyak meluangkan waktu untuk bimbingan, memberikan ilmu serta arahan dalam penyusunan skripsi.
3. Bapak Dr. Khusnul Ain, S.T, M.Si selaku dosen pembimbing II yang juga banyak memberikan ilmu dan meluangkan waktu untuk penulis.
4. Anik Maturohma dan Eko Juara selaku orang tua yang senantiasa mendukung kelancaran studi serta mendoakan demi terselesaikannya naskah skripsi ini.
5. Prisylia Shintaningrum, Rahma Febri Hananti, dan Fatimah Isnaini Shabrina dengan segala bentuk dukungan kepada penulis agar terus berjuang dalam menempuh proses pengerjaan skripsi, serta menjadi pendengar yang baik hingga saat ini.
6. Teman-teman lainnya yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya dalam penyusunan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan dan kelemahan. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak. Semoga bermanfaat bagi pengembangan ilmu terutama dalam bidang Fisika Komputasi.

Surabaya, 23 November 2022

Penyusun,

Nadia Putri Nabila

Nadia Putri Nabila, 2022, **Pengembangan Metode Krylov Pada Sistem Continuous Wave Diffuse Optical Tomography (DOT)**, Skripsi ini dibawah bimbingan Dr. Nuril Ukhrowiyah, S.Si., M.Si., dan Dr. Khusnul Ain, ST, M.Si., Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.

ABSTRAK

Metode rekonstruksi pada sistem *Diffuse Optical Tomography* (DOT) yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan metode *Krylov*. Penelitian ini bertujuan untuk membuat program rekonstruksi menggunakan metode *Krylov* pada sistem DOT dan mengukur kualitas citra yang dihasilkan. Algoritma *Krylov* dibangun dengan mengolah matriks jacobian berukuran 256x248 yang dihasilkan dari *forward problem* dan *inverse problem* dengan metode rekonstruksi linier satu langkah dan iterasi Newton pada penelitian sebelumnya. Kualitas citra yang dihasilkan pada metode rekonstruksi dengan metode *Krylov* dibandingkan dengan metode iterasi Newton, lalu hasil dari kedua metode tersebut dibandingkan dengan hasil dari metode Linier Satu Langkah. Semua hasil metode pada penelitian ini dianalisis secara visual, yaitu dengan cara mengamati citra yang dihasilkan.

Kata Kunci: *Krylov, Diffuse Optical Tomography (DOT), continuous wave, rekonstruksi citra.*

Nadia Putri Nabila, 2022, **Krylov Method Development on Diffuse optical Tomography System (DOT)**, this thesis under the guidance of Dr. Nuril Ukhrowiyah, S.Si., M.Si., and Dr. Khusnul Ain, ST, M.Si., Physics Study Program, Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Airlangga university, Surabaya.

ABSTRACT

Reconstruction method on Diffuse Optical Tomography (DOT) system carried out in this study is using *Krylov* method. This study aims to create a reconstruction program using the *Krylov* method on DOT system and measure the quality of the resulting image. *Krylov's* algorithm is built by processing a 256x248 jacobian matrix generated from the forward problem and inverse problem with the One-Step Linear Reconstruction method and Newton's iteration in previous studies. The quality of the image produced in reconstruction method using *Krylov* method compared with the Newton iteration method, then the results from both methods are compared with One-Step Linear method. All the results of the method in this study were analyzed visually by observing the resulting image.

Keywords: Krylov, Diffuse Optical Tomography (DOT), image reconstruction.

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN	
.....	Erro
r! Bookmark not defined.	
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI.....	ii
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	iii
SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS	
.....	Erro
r! Bookmark not defined.	
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
1.5.1. Manfaat Teoritis.....	5

1.5.2. Manfaat Praktis	5
BAB II	6
2.1. Interaksi Cahaya dengan Medium Diffuse	6
2.1.1. Indeks Bias	6
2.1.2. Koefisien Absorpsi	7
2.1.3. Hamburan dan Koefisien Hamburan	8
2.1.4. Perambatan Cahaya dalam Medium	10
2.2. DOT (Diffuse Optical Tomography)	10
2.2.1. Sistem Pengukuran Pada <i>Diffuse Optical Tomography</i>	11
2.3 Prinsip Rekonstruksi Citra Pada Sistem DOT	13
2.3.1 Citra	13
2.3.2 Problem Maju dengan Metode Elemen Hingga	15
2.3.3 Problem Inversi	18
BAB III	22
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	22
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	22
3.3 Prosedur Penelitian	22
3.3.1 Pengambilan Data Program <i>Forward Problem</i>	25
3.3.2 Program Metode Rekonstruksi dengan Metode <i>Krylov</i>	25
3.3.3 Analisis Citra Rekonstruksi	26
BAB IV	27

4.1 Hasil Problem Maju.....	27
4.2 Hasil Metode Rekonstruksi Linier Satu Langkah	29
4.3 Hasil Metode Rekonstruksi Iterasi Newton.....	31
4.4 Rekonstruksi Metode Krylov	33
4.5 Perbandingan Hasil Rekonstruksi	37
BAB V.....	40
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN.....	43

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul Gambar	Halaman
Gambar 2.1	Kedalaman penetrasi efektif pada jaringan payudara	8
Gambar 2.2	Spektrum koefisien hamburan jaringan biologis.....	9
Gambar 2.3	Proses Rekonstruksi Citra (Wang et al, 2016)	11
Gambar 2.4	Tiga macam pengukuran pada sistem DOT (Hielscher, et al, 2002) ..	11
Gambar 2.5	Time-resolve Domain (Hielscherg et al, 2002).....	12
Gambar 2.6	Frequency Domain (Hielscher, et al, 2002)	13
Gambar 2.7	Representasi citra m x n (Rahman, 2007)	14
Gambar 3.1	Alur Penelitian Secara Garis Besar	23
Gambar 3.2	Penomoran Elemen pada Model Objek.....	24
Gambar 3.3	Diagram alir metode rekonstruksi <i>Krylov</i>	26
Gambar 4.1	Data intensitas simulasi objek 1 anomali terhadap objek homogen..	28
Gambar 4.2	Data intensitas simulasi objek 2 anomali terhadap objek homogen..	28
Gambar 4.3	Hasil Citra Rekonstruksi Linier satu Langkah dengan Satu Anomali ($\mu_{\text{anomali}} = 1 \text{ cm}^{-1}$) dan Dua Anomali ($\mu_1 = 1 \text{ cm}^{-1}$ $\mu_2 = 10 \text{ cm}^{-1}$).....	30
Gambar 4.4	Hasil Citra Rekonstruksi Iterasi Newton dengan Satu Anomali ($\mu_{\text{anomali}} = 1 \text{ cm}^{-1}$) dan Dua Anomali ($\mu_1 = 1 \text{ cm}^{-1}$ $\mu_2 = 10 \text{ cm}^{-1}$)	32
Gambar 4.5	Hasil Citra Rekonstruksi Krylov Satu Anomali dengan Satu Kali Iterasi dan Lima Kali Iterasi	34
Gambar 4.6	Hasil Citra Rekonstruksi Krylov Dua Anomali dengan Satu Kali Iterasi dan Lima Kali Iterasi	35
Gambar 4.7	Hasil Citra Rekonstruksi Krylov Satu Anomali ($\mu_{\text{anomali}} = 1 \text{ cm}^{-1}$) dan Dua Anomali ($\mu_1 = 1 \text{ cm}^{-1}$ $\mu_2 = 10 \text{ cm}^{-1}$) dengan Berbagai Macam Koefisien τ	36
Gambar 4.8	Hasil Perbandingan Citra Rekonstruksi Metode Iterasi Newton dan Metode Krylov Satu Anomali.....	38
Gambar 4.9	Hasil Perbandingan Citra Rekonstruksi Metode Iterasi Newton dan Metode Krylov Dua Anomali	39