

**ANALISIS KOMPLEKSITAS SINYAL EEG PADA  
PENDERITA *MILD ALZHEIMER'S DISEASE*  
MENGUNAKAN METODE *HIGUCHI FRACTAL  
DIMENSION* DAN *KATZ FRACTAL DIMENSION***

**TUGAS AKHIR**

Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat Sarjana-S1

Program Studi Fisika



diajukan oleh :

Muhammad Abdul-Haq Ashiddiqi

15620046

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA  
PROGRAM STUDI FISIKA

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA**

**YOGYAKARTA**

**2022**

## HALAMAN PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

### PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-290/Un.02/DST/PP.00.9/01/2022

Tugas Akhir dengan judul : Analisis Kompleksitas Sinyal EEG pada Penderita Mild Alzheimer's Disease  
Menggunakan Metode Higuchi Fractal Dimension dan Katz Fractal Dimension

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : MUHAMMAD ABDUL HAQ ASHIDDIQI  
Nomor Induk Mahasiswa : 15620046  
Telah diujikan pada : Selasa, 25 Januari 2022  
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

#### TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Dr. Nita Handayani, S.Si, M.Si  
SIGNED

Valid ID: 61f248426e240



Penguji I

Dr. Widayanti, S.Si. M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 61f22bdfcd149



Penguji II

Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc.  
SIGNED

Valid ID: 61f23e712575c



Yogyakarta, 25 Januari 2022  
UIN Sunan Kalijaga  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 61f31d3ada278

## SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

### SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan skripsi

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

*Assalamu'alaikum wr. wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : MUHAMMAD ABDUL HAQ ASHIDDIQI

NIM : 15620046

Judul Skripsi : ANALISIS KOMPLEKSITAS SINYAL EEG PADA PENDERITA *MILD ALZHEIMER'S DISEASE* MENGGUNAKAN METODE *HIGUCHI FRACTAL DIMENSION* DAN *KATZ FRACTAL DIMENSION*

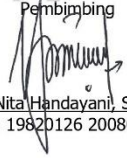
sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Fisika.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 10 Januari 2022

Pembimbing

  
Dr. Nita Handayani, S.Si, M.Si  
NIP. 19820126 200801 2 008

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

### SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Abdul Haq Ashiddiqi

NIM : 15620046

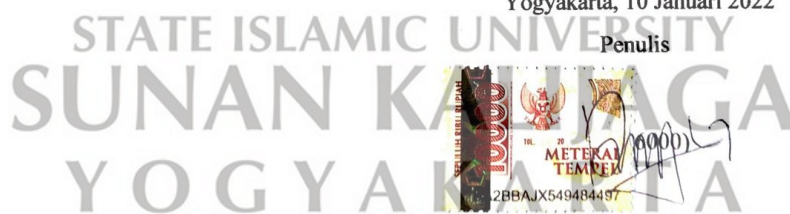
Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Analisis Kompleksitas Sinyal Eeg Pada Penderita *Mild Alzheimer's Disease* Menggunakan Metode *Higuchi Fractal Dimension* dan *Katz Fractal Dimension*” merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 10 Januari 2022

Penulis



Muhammad Abdul Haq Ashiddiqi  
NIM. 15620046

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

خَيْرُ النَّاسِ أَنْفَعُهُمْ لِلنَّاسِ

“Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia.”

Skripsi ini penulis persembahkan untuk :

Allah Subhanahu Wa Ta'ala

Nabi Muhammad Shallallahu Alaihi Wa Sallam

Bapak dan Ibu tercinta

Adik-adikku tersayang

Guru dan Dosen

Sahabat grup Telo

Teman-teman Fisika 2015

Orang-orang yang menunggu saya lulus

## KATA PENGANTAR

**Assalamu'alaikum Wr.Wb.**

Alhamdulillah rabbil'alamiin, puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian ini dengan judul "*Analisis Kompleksitas Sinyal EEG pada Penderita Mild Alzheimer's Disease menggunakan Metode Higuchi Fractal Dimension dan Katz Fractal Dimension*". Shalawat dan salam kepada pemimpin para Rasul, Muhammad SAW yang telah membawa manusia menuju kebenaran, kemuliaan dan ketinggian akal pikiran.

Penyusunan laporan ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga. Penulis menyadari laporan ini tidak dapat terselesaikan tanpa bantuan, bimbingan, nasihat dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta serta saudara dan keluarga yang tiada hentinya memberikan dukungan, nasihat dan doanya kepada penulis.
2. Ibu Anis Yuniati, S.Si. M.Si., Ph.D selaku Ketua Program Studi Fisika.
3. Bapak Dr. Thaqibul Fikri Niyartama, M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik.
4. Ibu Dr. Nita Handayani, S.Si, M.Si selaku pembimbing skripsi yang dengan sabar telah memberikan arahan dan bimbingan baik dalam penelitian maupun dalam pembuatan laporan ini.



5. Ibu Dr. Widayanti, S.Si. M.Si. dan Bapak Frida Agung Rakhmadi, M.Sc selaku Dosen Penguji yang telah memberikan arahnya berupa kritik dan saran sehingga menjadi penyempurna laporan penelitian ini.
6. Dosen serta laboran Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga yang telah mengajarkan dan membagikan ilmunya.
7. Teman-teman seperjuangan Fisika 2015 semuanya tanpa terkecuali.
8. Teman-teman di FKIST yang menginspirasi.
9. Sahabat di KKN Legundi yang selalu menyemangati.
10. Adek tingkat prodi Biologi yang suka banget mengingatkan.
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah terlibat dan membantu selama penyusunan laporan ini.

Semoga amal dan jasa, bantuan dan petunjuk yang telah diberikan dicatat oleh Allah SWT sebagai amal saleh dan memperoleh ridha-Nya. Akhir kata, penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan dan banyak kekurangan karena keterbatasan ilmu yang penulis miliki. Untuk itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat konstruktif dari pembaca demi penyempurnaan laporan ini.

**Wassalamu'alaikum Wr.Wb.**

Yogyakarta, 11 Januari 2022

Penulis

**ANALISIS KOMPLEKSITAS SINYAL EEG PADA PENDERITA MILD  
ALZHEIMER'S DISEASE MENGGUNAKAN METODE HIGUCHI  
FRACTAL DIMENSION DAN KATZ FRACTAL DIMENSION**

**Muhammad Abdul Haq Ashiddiqi**  
**15620046**

**INTISARI**

Alzheimer adalah penyakit demensia terkait usia yang disebabkan adanya gangguan penurunan fungsi neuron yang ditandai dengan hilangnya ingatan dan penurunan fungsi kognitif. Salah satu alat yang dapat digunakan dalam mendeteksi Alzheimer adalah EEG. Parameter kompleksitas dapat dijadikan sebagai salah satu *biomarker* EEG, yang dapat menunjukkan adanya perubahan di daerah otak yang diduga terpengaruh oleh Alzheimer. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan kompleksitas sinyal EEG pada penderita *Mild Alzheimer's Disease* dengan menerapkan metode HFD dan KFD. Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu pengambilan data, kemudian *pre processing* data dan membagi data ke dalam 4 rentang frekuensi yaitu Delta (0-4 Hz), Theta (4-7 Hz), Alfa (7-13 Hz) dan Beta (13-30 Hz). Selanjutnya, untuk menguji data yang dihasilkan, dilakukan uji non parametris yaitu uji *Mann Whiney U Test*. Hasil perhitungan menunjukkan bagian yang mengalami penurunan yang paling signifikan terjadi pada elektroda F4 di rentang frekuensi alfa dan beta untuk HFD. Sementara pada KFD, elektroda dengan penurunan kompleksitas paling konsisten berada pada elektroda F7, F3, FC5, O2, dimana kesemua rentang frekuensinya mengalami penurunan cukup signifikan. Perhitungan menggunakan HFD secara keseluruhan memberikan performa yang lebih baik jika dibandingkan dengan KFD dengan nilai *p-value* kurang dari 0.05, sementara pada KFD terdapat satu rentang frekuensi yang memiliki *p-value* lebih dari 0.05 yaitu pada rentang frekuensi beta.

**Kata Kunci:** EEG, HFD, KFD, Mild Alzheimer Disease



**ANALYSIS OF EEG SIGNAL COMPLEXITY IN MILD ALZHEIMER'S DISEASE USING THE HIGUCHI FRACTAL DIMENSION AND KATZ FRACTAL DIMENSION METHODS**

**Muhammad Abdul Haq Ashiddiqi**  
**15620046**

**ABSTRACT**

*Alzheimer's disease is an age-related dementia caused by a decrease in neuronal function characterized by memory loss and cognitive decline. One of the tools that can be used to detect Alzheimer's is the EEG. The complexity parameter can be used as one of the EEG biomarkers, which can indicate changes in brain areas thought to be affected by Alzheimer's. This study aims to analyze changes in the complexity of the EEG signal in patients with Mild Alzheimer's Disease by applying the HFD and KFD methods. This research was carried out in several stages, namely data retrieval, then pre-processing the data and dividing the data into 4 frequency ranges, namely Delta (0-4 Hz), Theta (4-7 Hz), Alpha (7-13 Hz) and Beta (13 -30 Hz). Furthermore, to test the resulting data, a non-parametric test was carried out, namely the Mann Whiney U Test. The calculation results show that the part that experienced the most significant decrease occurred at the F4 electrode in the alpha and beta frequency ranges for HFD. Meanwhile in KFD, the electrodes with the most consistent decrease in complexity are at electrodes F7, F3, FC5, O2, where all of the frequency ranges have decreased significantly. Calculations using HFD as a whole provide better performance when compared to KFD with a p-value of less than 0.05, while in KFD there is one frequency range that has a p-value of more than 0.05, namely in the beta frequency range.*

**Keywords:** EEG, HFD, KFD, Mild Alzheimer Disease

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI</b> .....	<b>iii</b>
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>MOTTO DAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>INTISARI</b> .....	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Penelitian .....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>7</b>
2.1 Studi Pustaka .....	7
2.2 Landasan Teori .....	10
2.2.1 <i>Electroencephalogram</i> (EEG) .....	10
2.2.1.1 Sejarah EEG .....	11
2.2.1.2 Prinsip Kerja EEG .....	12
2.2.1.3 Aplikasi EEG .....	16
2.2.1.4 EEG Emotiv Epec 14 Elektroda .....	17
2.2.2 <i>Mild Alzheimer's Disease</i> (MAD) .....	18
2.2.2.1 Struktur Otak .....	19
2.2.2.2 Penurunan Kemampuan Penderita Alzheimer .....	23
2.2.3 Kompleksitas Sinyal EEG .....	25
2.2.4 <i>Higuchi Fractal Dimension</i> (HFD).....	26

2.2.5 <i>Katz Fractal Dimension (KFD)</i> .....	27
2.2.6 <i>Mann-Whitney U Test</i> .....	28
2.2.7 Integrasi-Interkoneksi .....	30
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>36</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	36
3.2 Alat dan Bahan .....	36
3.3 Prosedur Penelitian.....	37
3.3.1 <i>Pre-processing Data</i> .....	37
3.3.2 Pengolahan Data .....	42
3.3.2.1 Metode Higuchi Fractal Dimension (HFD) .....	42
3.3.2.2 Metode <i>Katz Fractal Dimension (KFD)</i> .....	43
3.3.3 Analisis Hasil.....	45
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>48</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	48
4.1.1 Hasil Perhitungan Kompleksitas Penderita MAD dengan HFD.....	48
4.1.2 Hasil Perhitungan Kompleksitas Penderita MAD dengan KFD.....	52
4.1.3 Hasil Perbandingan Analisis antara metode HFD dan KFD.....	57
4.2 Pembahasan.....	58
4.2.1 Perhitungan Kompleksitas EEG dengan Metode HFD.....	58
4.2.2 Perhitungan Kompleksitas EEG dengan Metode KFD.....	62
4.2.3 Analisis Statistik .....	64
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	<b>66</b>
5.1 Kesimpulan.....	66
5.2 Saran.....	67
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>68</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>71</b>
Lampiran 1 .....	71
Lampiran 2 .....	74
Lampiran 3 .....	89
Lampiran 4 .....	90

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hans Berger ( <a href="https://www.emotiv.com/eeg-guide/">https://www.emotiv.com/eeg-guide/</a> ) .....	12
Gambar 2.2 Emotiv Epov 14 Elektroda .....	18
Gambar 2.3 Tiga struktur utama otak (Pinel,2018).....	20
Gambar 2.4 Lobus pada otak .....	21
Gambar 3.1 Diagram Alir <i>Pre-processing</i> Data .....	37
Gambar 3.2 <i>Input</i> Data.....	38
Gambar 3.3 <i>Extract</i> data .....	39
Gambar 3.4 <i>Centering</i> Data .....	40
Gambar 3.5 <i>Filtering</i> Data .....	40
Gambar 3.3 Diagram alir algoritma <i>Higuchi Fractal Dimension</i> .....	42
Gambar 3.4 Diagram alir algoritma <i>Katz Fractal Dimension</i> .....	44
Gambar 3.5 Uji Mann <i>Whitney U-Test</i> .....	46
Gambar 4.1 Hasil Perhitungan HFD pada Frekuensi Delta .....	49
Gambar 4.2 Hasil Perhitungan HFD pada Frekuensi Theta.....	50
Gambar 4.3 Hasil Perhitungan HFD pada Frekuensi Alfa.....	50
Gambar 4.4 Hasil Perhitungan HFD pada Frekuensi Beta .....	51
Gambar 4.5 Hasil Perhitungan HFD pada semua rentang frekuensi .....	52
Gambar 4.6 Hasil Perhitungan KFD pada Frekuensi Delta .....	53
Gambar 4.7 Hasil Perhitungan KFD pada Frekuensi Theta.....	54
Gambar 4.8 Hasil Perhitungan KFD pada Frekuensi Alfa.....	55
Gambar 4.9 Hasil Perhitungan KFD pada Frekuensi Beta .....	56
Gambar 4.10 Hasil Perhitungan KFD pada semua rentang frekuensi .....	56

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Studi Pustaka Penelitian yang Terkait .....	7
Tabel 3.1 Perangkat yang digunakan dalam penelitian.....	36
Tabel 3.2 Jenis Gelombang Otak Berdasarkan Frekuensinya .....	41
Tabel 4.1 Hasil Uji <i>Mann-Whitney U Test</i> .....	57



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Otak merupakan organ manusia yang sangat rumit. Otak memiliki banyak bagian dengan fungsi yang spesifik dan berbeda-beda. Otak memiliki peranan penting dalam berbagai proses yang terjadi pada tubuh manusia. Hal ini disebabkan karena otak merupakan organ yang berfungsi sebagai pusat kontrol aktivitas dalam tubuh manusia (Akbar, 2014). Secara garis besar, otak dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu otak besar (*cerebrum*), otak kecil (*cerebellum*), dan batang otak (*brain stem*). Bagian-bagian tersebut masih dibagi lagi menjadi bagian yang lebih kecil dan terdapat cairan otak (*cerebrospinal fluid*) yang membatasi ruang-ruang antar bagian di dalamnya. Sementara pada bagian luarnya, otak terlindungi oleh tiga lapis selaput otak (*meninges*) dan tulang tengkorak (Pinel, 2014).

Otak bekerja berdasarkan sistem kelistrikan, yaitu dengan memindahkan ion dari satu sisi ke sisi yang lain pada sel saraf (*neuron*). Bila kita memberikan suatu rangsangan yang cukup kuat untuk melewati suatu titik yang disebut dengan nilai ambang, maka akan terjadi proses depolarisasi membran secara tiba-tiba yang berkelanjutan dan *irreversible*. Terjadinya depolarisasi membran secara tiba-tiba ini disebut dengan potensial aksi. Potensial aksi yang terbentuk melalui perambatan impuls dapat melalui suatu sinaps. Sinaps merupakan persambungan antar *neuron* (Akbar dkk, 2016). Terganggunya *neuron* dapat mengganggu fungsi otak sebagai pusat kontrol aktivitas tubuh manusia. Salah satu penyakit yang menyebabkan penurunan aktivitas *neuron* adalah Alzheimer (Besthorn, 1995).



Penyakit Alzheimer adalah penyakit demensia terkait usia yang disebabkan adanya gangguan penurunan fungsi *neuron* yang ditandai dengan hilangnya ingatan dan penurunan fungsi kognitif (Al-Nuaimi, 2018). Pada tahun 2015, terdapat lebih dari 46,8 juta individu dengan demensia di seluruh dunia dengan perkiraan biaya perawatan tahunan US \$ 818 miliar dan diproyeksikan akan mencapai 74,7 juta pada 2030 dengan biaya tahunan US \$ 2 triliun. Jumlah ini diperkirakan meningkat menjadi 131,5 juta pada tahun 2050. Penyakit Alzheimer bersama dengan penyakit terkait demensia lainnya adalah salah satu tantangan kesehatan publik global dan perawatan sosial terbesar yang dihadapi saat ini dan di masa depan (World Alzheimer Report, 2015).

Untuk mendeteksi penyakit Alzheimer dapat dilakukan menggunakan *Electroencephalogram* (EEG) yang bersifat non-invasif, aman dan tidak menyakitkan (Akbar dkk, 2016). EEG adalah suatu alat yang dapat merekam aktivitas gelombang otak. Alzheimer merupakan penyakit yang mengganggu aktivitas otak sehingga juga berdampak pada perubahan gelombang otak. Perubahan gelombang otak ini dapat direkam menggunakan EEG. Karakteristik yang khas akibat adanya gangguan Alzheimer pada EEG adalah berupa melambatnya EEG, penurunan koherensi EEG, dan pengurangan kompleksitas EEG (Al-Nuaimi dkk, 2018).

Kompleksitas adalah ukuran keteracakan dari sebuah perilaku yang dinamis (Lempel, 1976). Area kortikal otak adalah area yang akan terpicu secara spontan akibat adanya aktivitas internal maupun eksternal dan bekerja secara dinamis sebagai sesuatu yang kompleks. Alzheimer menyebabkan penurunan aktivitas

*neuron* otak yang mengakibatkan penurunan signifikan dalam kompleksitas sinyal EEG (Al-Nuaimi dkk, 2018). Pendekatan kompleksitas EEG telah menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam diagnosis Alzheimer dan tampaknya sesuai untuk mendiagnosis Alzheimer (Al-Nuaimi dkk, 2018).

Kompleksitas dapat dianalisis menggunakan dua teknik atau cara yaitu linier dan nonlinier. Analisa secara linier maupun nonlinier memberikan hasil yang menjanjikan pada penderita Alzheimer maupun penyakit demensia lain yang disebabkan oleh faktor penuaan usia. Namun analisa secara nonlinier dianggap dapat memberikan hasil yang lebih baik dan memiliki kecocokan dalam menganalisa sinyal EEG yang memiliki karakteristik sinyal nonlinier (De Bock, 2010). Hal ini disebabkan dinamika otak yang terkandung di dalam data EEG menunjukkan karakteristik yang nonlinier. Menerapkan metode linier ke sistem nonlinier akan sering memberikan hasil yang membingungkan. Hasil yang menjanjikan dengan pendekatan nonlinier telah menimbulkan peningkatan minat penelitian untuk melakukan analisa kompleksitas sinyal otak pada data EEG (De Bock dkk, 2010).

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan, metode nonlinier yang memiliki performa yang baik adalah menggunakan pendekatan *Higuchi Fractal Dimension* (HFD) dan *Katz Fractal Dimension* (KFD). Sebuah penelitian yang dilakukan Al Nuaimi dkk pada tahun 2017, menemukan bahwa HFD adalah biomarker EEG yang menjanjikan yang dapat menangkap perubahan di daerah otak yang diduga terpengaruh oleh Alzheimer dan dapat digunakan untuk mendeteksi Alzheimer dengan nilai sensitivitas dan spesifisitas sebesar 100% dan 80% (Al

Nuaimi, 2017). Sedangkan Garner dkk pada tahun 2018 menemukan bahwa metode KFD adalah metode yang *robust* ketika menganalisa penurunan *chaotic response* atau respon keteracakan pada penderita Diabetes Melitus tipe 1 (Garner, 2018).

Pada penelitian ini hendak melakukan analisis mengenai kompleksitas sinyal EEG dengan menggunakan metode HFD dan KFD pada dua kelompok subjek, yaitu lansia normal dan penderita *Mild Alzheimer's Disease* (MAD). MAD adalah salah satu tahapan awal dari perjalanan penyakit *Alzheimer's Disease*. Penelitian ini bertujuan membandingkan kompleksitas sinyal EEG lansia normal dengan penderita MAD dan menemukan metode yang paling baik antara HFD dan KFD untuk menganalisa kompleksitas sinyal EEG.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perubahan kompleksitas sinyal otak pada data EEG penderita *Mild Alzheimer's Disease* menggunakan metode HFD?
2. Bagaimana perubahan kompleksitas sinyal otak pada data EEG penderita *Mild Alzheimer's Disease* menggunakan metode KFD?
3. Bagaimana perbedaan hasil analisis kompleksitas sinyal otak antara metode HFD dan KFD pada penderita *Mild Alzheimer's Disease*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis kompleksitas sinyal otak pada data EEG penderita *Mild Alzheimer's Disease* dengan menggunakan metode HFD.

2. Menganalisis kompleksitas sinyal otak pada data EEG penderita *Mild Alzheimer's Disease* dengan menggunakan metode KFD.
3. Membandingkan hasil analisis kompleksitas sinyal otak antara metode HFD dan KFD pada penderita *Mild Alzheimer's Disease*.

#### **1.4 Batasan Penelitian**

Pada penelitian ini masalah yang akan diteliti dibatasi pada:

1. Data yang digunakan adalah data sekunder hasil rekaman sinyal EEG menggunakan Emotiv Epoc 14-elektroda dengan frekuensi sampling sebesar 128 Hz.
2. Data yang dianalisis adalah subjek lansia normal dan penderita *Mild Alzheimer's Disease* dengan jumlah subjek pada masing-masing kelompok adalah 5 orang pada rentang usia 60-65 tahun.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi tentang perbedaan tingkat kompleksitas sinyal otak antara penderita *Mild Alzheimer's Disease* dan lansia normal sebagai salah satu parameter deteksi dini penyakit Alzheimer.
2. Memberikan kontribusi riset di bidang *neuroscience* untuk observasi abnormalitas fungsional otak menggunakan EEG.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai kompleksitas sinyal otak pada data EEG penderita *Mild Alzheimer's Disease* berhasil dihitung menggunakan metode HFD. Penurunan nilai kompleksitas sinyal teramati pada rentang frekuensi yang lebih tinggi, yaitu pada rentang frekuensi theta, dan alfa. Bagian yang mengalami penurunan yang paling signifikan terjadi pada elektroda F4 di rentang frekuensi alfa dan beta.
2. Nilai kompleksitas sinyal otak pada data EEG penderita *Mild Alzheimer's Disease* juga berhasil dihitung menggunakan metode KFD. Penurunan kompleksitas baru teramati pada rentang alfa dan beta. Penurunan kompleksitas pada kelompok subjek dengan MAD yang paling signifikan teramati pada elektroda O2 pada rentang frekuensi alfa. Sementara elektroda dengan penurunan kompleksitas yang cukup konsisten berada pada elektroda F7, F3, FC5 dan O2, dimana pada seluruh rentang frekuensi mengalami penurunan cukup signifikan.
3. Perbandingan kompleksitas sinyal otak antara metode HFD dan KFD pada penderita *Mild Alzheimer's Disease* memberikan hasil yang lebih baik pada perhitungan dengan menggunakan metode HFD ketika dilakukan uji *Mann-Whitney U Test*. Sementara pada metode KFD menunjukkan hasil yang

kurang signifikan. Hal ini dapat dilihat dari kesemua rentang frekuensi pada HFD memiliki *p-value* kurang dari 0.05, sementara pada KFD terdapat satu rentang frekuensi yang memiliki *p-value* lebih dari 0.05 yaitu pada rentang frekuensi beta. Akan tetapi kedua metode ini dapat digunakan untuk menghitung kompleksitas sinyal EEG untuk mendeteksi *biomarker* pada penderita *Mild Alzheimer's Disease*.

## 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa kekurangan yang perlu diperbaiki pada penelitian yang akan dilakukan berikutnya, diantaranya sebagai berikut :

1. Jumlah subjek yang digunakan perlu ditambah agar memberikan hasil yang lebih relevan dan baik, dalam penelitian ini digunakan 5 subjek penderita *Mild Alzheimer's Disease* dan 5 subjek lansia normal.
2. Perlu dilakukan perhitungan menggunakan metode nonlinier yang lain seperti analisis entropi dengan berbagai turunannya, agar dapat diketahui metode terbaik dan parameter-parameter lain dalam menganalisis *biomarker* pada penderita *Mild Alzheimer's Disease* menggunakan EEG.
3. Metode analisis secara statistik perlu dikembangkan menggunakan metode yang lebih beragam agar mengetahui performa setiap metode perhitungan yang digunakan secara lebih mendalam.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abhang, P.A., Gawali, B., & Mehrotra, S.C. (2016). Introduction to EEG- and Speech-Based Emotion Recognition.
- Akbar, Yudiansyah. (2014). Pola Gelombang Otak Abnormal pada Elektroencephalograph.
- Al-nuaimi, Ali & Jammeh, Emmanuel & Sun, Lingfen & Ifeakor, Emmanuel. (2018). Complexity Measures for Quantifying Changes in Electroencephalogram in Alzheimer's Disease. Complexity.
- Akbar, Yudiansyah & Handayani, Nita & Arif, Idam & Khotimah, Siti Nurul & Haryanto, Freddy. (2016). Entropi Spektral Resting State Sinyal Electroencephalogram pada Penderita Skizofrenia.
- Ahmadlou, M., Adeli, H., & Adeli, A. (2012). Fractality analysis of frontal brain in major depressive disorder. *International Journal of Psychophysiology*, 85(2), 206–211.
- Alzheimer's Association 2015. (2015). Alzheimer's disease facts and figures. *Alzheimer's & Dementia: The Journal of the Alzheimer's Association*
- Besthorn, C., Sattel, H., Geiger-Kabisch, C., Zerfass, R., Förstl, H.,. (1995). Parameters of EEG dimensional complexity in Alzheimer's disease, Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, Volume 95, Issue 2, Pages 84-89.
- De Bock, Thibaut,, Satyajit Das, Maruf Mosin. (2010). Early Detection of Alzheimer's Disease Using Nonlinier Analysis of EEG via Tsallis Entropy.
- Dryden, G., & Vos, J.. (2000). *Revolusi Cara Belajar*. Bandung: Kaifa.
- Fraga, S. M. Fernandez., Rangel, J.. (2017). Comparison of Higuchi, Katz and MultiresolutionBox-Counting Fractal-Dimension Algorithms on EEG Waveforms Signals Based on Visual Evoked Potentials. *International Journal of Computer Science and Information Security (IJCSIS)*, Vol. 15, No. 7, July 2017.
- Garner, David M., Maria de Souza, Naiara., Vanderlei, Luiz Carlos M.,. (2018). Heart Rate Variability Analysis: Higuchi And Katz's Fractal Dimensions in Subjects with Type 1 Diabetes Mellitus. *Rom J Diabetes Nutr Metab Dis.* 25(3):289-295.

- Handayani, Nita., Akbar, Y., Arif, I., Khotimah, S. N., Haryanto, F., Taruno, W. P.,. (2018). Analisis Spektral Entropi dan Kompleksitas Sinyal EEG pada Alzheimer's Disease
- Im, Chang-Hwan. (2018). Computational EEG Analysis Analysis Methods and Applications.
- Jainbo Gao, Jing Hu, Wen-wen Tung. (2011). Complexity Measures of Brain Wave Dynamics.
- Jeong J. EEG dynamics in patients with Alzheimer's disease. Clinical Neurophysiology. 2004. p. 1490–505.
- Johanson, D. C. (1996). From Lucy to language. New York: Simon and Schuster, p. 80.
- Kalat, J. W. (2010). *Biopsikologi*. Jakarta: Salemba Humanika.
- King, L. A. (2010). *Psikologi Umum*. Jakarta: Salemba Humanika.
- Lempel, A., Ziv, J. (1976). "On the Complexity of Finite Sequences," IEEE Transactions on Information Theory, vol. 22, no. 1, pp. 75–81.
- Monge-Álvarez, Jesús. (2020). Higuchi and Katz fractal dimension measures (<https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/50290-higuchi-and-katz-fractal-dimension-measures>), MATLAB Central File Exchange. Retrieved April 20, 2020.
- Mustajib, A. (2010). *Rahasia Dahsyat Terapi Otak*. Jakarta: PT. Wahyu Media.
- Nobukawa S, Yamanishi T, Kasakawa S, Nishimura H, Kikuchi M and Takahashi T (2020) Classification Methods Based on Complexity and Synchronization of Electroencephalography Signals in Alzheimer's Disease. Front. Psychiatry 11:255.
- Paskalis, G. V. (2016). *Bangunan Rehabilitasi Alzheimer di Yogyakarta*. (Tugas Akhir), Jurusan Arsitektur, UAJY: Yogyakarta.
- Parlindungan, R. (2008). Analisis waktu-frekuensi (TFA) Gelombang EEG Naracoba pada Stimulasi Akupuntur GI. (Tesis): Program Studi Magister Instrumentasi dan Kontrol, ITB, Bandung.
- Pinel, J. P. J. (2014). *Introduction to Biopsychology*. Pearson Education Limited.
- Smits FM, Porcaro C, Cottone C, Cancelli A, Rossini PM, Tecchio F (2016) Electroencephalographic Fractal Dimension in Healthy Ageing and Alzheimer's Disease. PLoS ONE 11(2).

Syamsuddin, Muhammad. (2020). Tafsir Surah al-Nahl Ayat 70; Pikun dan Alzeimer dalam Kajian Al-Qur'an. Diambil pada 3 Agustus 2020 pukul 10:01 WIB dari <https://bincangsyariah.com/khazanah/tafsir-surah-al-nahl-ayat-70-pikun-dan-alzeimer-dalam-kajian-al-quran/>

Wade, C dan Tavis, C. (2007). Psikologi Edisi Kesembilan Jilid 2. Jakarta: Erlangga.

