

## ANALISIS KONDISI RILEKS SAAT MENDENGARKAN ALQURAN BERDASARKAN SINYAL DELTA THETA EEG

### ANALYSIS OF RELAXED CONDITIONS WHILE LISTENING QURAN BASED ON DELTA THETA EEG SIGNAL

Rizky Gilang<sup>1</sup>, Inung Wijayanto, S.T., M.T.<sup>2</sup>, Yunendah Nur, S.T., M.T.<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>[rizkygilang18246@gmail.com](mailto:rizkygilang18246@gmail.com) <sup>2</sup>[iwijayanto@telkomuniversity.ac.id](mailto:iwijayanto@telkomuniversity.ac.id) <sup>3</sup>[yunendah@gmail.com](mailto:yunendah@gmail.com)

#### Abstrak

Pada penelitian ini, penulis menganalisa aktifitas sinyal otak manusia dalam keadaan rileks pada saat mendengarkan ayat suci Alquran dengan menggunakan metode EEG. Sinyal otak dideteksi melalui alat elektroensepalogram yang bernama NeuroSky Mindwave dan Muse Headband, setelah dideteksi, sinyal yang didapatkan merupakan sinyal mentah yang memiliki noise tinggi, oleh karena itu sinyal tersebut diolah melalui metode preprocessing untuk menganalisis serta mengklasifikasi sinyal yang didapatkan. Dalam proses preprocessing, penulis menggunakan metode *Discrete Wavelet Transform (DWT)*, *Fast Fourier Transform (FFT)*, dan *K-Nearest Neighbor (K-NN)*.

Metode DWT dapat menganalisis numerik dan analisis fungsional sinyal, karena sinyal percobaan yang diambil secara diskrit, keuntungan utama adalah pada resolusi temporal, sehingga DWT dapat menangkap frekuensi informasi dan lokasi dengan baik untuk database serta data uji. Metode K-NN digunakan pada saat mengklasifikasikan data uji ke database untuk mendapatkan nilai yang dekat dengan database.

Hasil yang diperoleh dari 40 data penelitian ini menunjukkan perbedaan sinyal delta pada Neurosky dan Muse sangat sedikit, sinyal delta pada Neurosky sebanyak 35 data dalam kondisi rileks sedangkan pada Muse sebanyak 38 data dalam kondisi rileks. Jumlah data sinyal theta yang dinyatakan rileks pada Neurosky sebanyak 36 data, sedangkan pada Muse sebanyak 40 data.

**Kata kunci :** Elektroensepalografi (EEG), Elektroensepalogram, Sinyal Otak, Alquran, DWT, FFT, KNN.

#### Abstract

*In this research, the author will analyze human's brain activity on relaxed condition while listening Holy Quran used EEG to participants. Brain signal detected by Electroencephalogram device called NeuroSky Mindwave, the signal obtained is a raw signal has high noise, therefore the signal can processed through the processing method to analyze and classify the signal. In the preprocessing, the author uses the method of Discrete Wavelet Transform (DWT), Fast Fourier Transform (FFT), and K-Nearest Neighbors (K-NN).*

*The DWT method can analyze numerical and analyze functional signal, because discrete experimental signals are taken, the main advantage is at temporal resolution, so DWT can capture the frequency of information and a great location for data base and test the data. K-NN method is used when classifying test data to train data to obtain the closest value to the training data.*

*The results obtained from 40 research data show some delta signal on Neurosky and Muse little bit, on Neurosky showed 35 data in relaxed condition while on Muse showed 38 data in relaxed condition. unfortunately at theta signal is conspicuous, the amount of data used on Neurosky as much as 36 data, while on Muse as many as 40 data.*

**Keywords:** *Electroencephalography (EEG), Electroencephalogram, Brainwave, Holy Quran, DWT, FFT, KNN.*

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Otak merupakan salah satu organ tubuh paling penting dan paling kompleks yang dimiliki oleh manusia, seluruh aktifitas organ tubuh, aktifitas sehari-hari, dan berperan menentukan emosi yaitu otak. Emosi berperan sangat penting pada cara berfikir, mengambil keputusan, dan kepribadian seseorang. Banyak penelitian telah dilakukan yang berhubungan dengan emosi manusia ketika diberikan berbagai macam masukan visual maupun audio.

Elektroensepalografi (EEG) adalah metode yang dilakukan untuk merekam aktifitas elektrik pada otak dibagian kulit kepala. EEG mengukur fluktuasi tegangan yang dihasilkan didalam neuron otak berupa arus ion. Pada konteks

kesehatan, EEG fokus pada perekaman aktifitas elektrik spontan di otak selama periode tertentu. Alat perekam tersebut dipasang pada kulit kepala bernama Elektroensepalogram. Hasil EEG tersebut menghasilkan data berupa grafik yang memuat banyak informasi aktifitas otak [1], informasi tersebut dapat digunakan untuk mengestimasi kondisi emosi manusia bila di gunakan dengan tepat.

Informasi sinyal yang didapatkan akan dipisahkan dengan metode DWT serta menggunakan Wavelet Haar, Daubechies 4, dan Daubechies 8 pada program MATLAB agar sinyal dapat dikelompokkan menjadi delta atau theta, kemudian diklasifikasikan menggunakan metode K-NN supaya data yang diterima tidak jauh dengan data yang telah dipelajari.

Dilain hal, riset mengenai kitab suci Alquran telah banyak dilakukan diantaranya menyiarkan suara yang sedang membaca Alquran melalui siaran bangunan perkantoran pada awal waktu kerja dapat memperbaiki kesehatan mental pekerja [2], pengaruh terhadap tekanan [3], aktifitas detak jantung lebih tenang pada saat mendengarkan Alquran sehingga dapat memberikan perlindungan terhadap jantung terhadap penyakit aritmia dan penyakit jantung koroner [4], Alquran dan musik relaksasi dapat mengubah emosi seseorang dari negatif ke positif [5].

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Alquran

Alquran adalah kitab suci milik umat Islam yang diturunkan oleh Allah Subhanauwataala melalui malaikat Jibril kepada Rasulullah Muhammad Sallallahu Alaihi Wasallam. Kitab suci tersebut diturunkan secara bertahap selama 22 tahun, 2 bulan, dan 22 hari diawali pada 17 Ramadan saat Rasulullah berusia 40 tahun hingga meninggal pada tahun 632 Masehi. Isi utama Alquran ditulis dalam bahasa arab. Tetapi pada terbitan baru, Alquran sudah ada terjemahan dalam berbagai bahasa tanpa mengubah isi utama Alquran serta tidak menghilangkan bahasa arabnya.

### 2.2 Rileks

Rileks adalah suatu keadaan tubuh yang telah terpenuhi kebutuhan dasar manusia seperti kenyamanan yang dapat menimbulkan perasaan tenang pada diri individu tersebut. Aspek rileks terdiri dari beberapa golongan yaitu kenyamanan fisik, kenyamanan psikospiritual, kenyamanan lingkungan, dan kenyamanan sosiokultural. Rileks mempunyai 3 (tiga) tingkat yaitu *Relief* dimana kondisi tubuh bebas dari rasa sakit, *Ease* dimana pikiran atau psikologis dalam keadaan rileks, dan *Transcendence* dimana spiritual atau rohani dalam keadaan rileks [17-18].

### 2.3 Otak Manusia

Otak adalah organ tubuh yang bertanggung jawab sebagai pusat kendali seluruh organ yang ada pada manusia, mengkoordinir perilaku manusia, dan cara berfikir manusia. Otak memiliki bagian-bagiannya yaitu otak besar, otak tengah, otak belakang, dan otak kecil. Bagian-bagian tersebut memiliki fungsi yang berbeda-beda [7]. Setiap otak yang sedang bekerja akan mengeluarkan gelombang elektrik.

### 2.4 Gelombang Otak

Gelombang otak merupakan respon dari otak yang sedang beraktifitas. Setiap aktifitas yang dilakukan berbeda-beda, respon otak akan memberikan tegangan atau amplitudo sinyal diantara  $\pm 2 \mu V$  hingga  $\pm 200 \mu V$ . Gelombang otak memiliki 5 (lima) jenis gelombang yaitu gelombang delta, theta, alfa, beta, dan gamma. Pada tugas akhir ini hanya mendeteksi sinyal delta (0-4 Hz) dan theta (4-8 Hz).

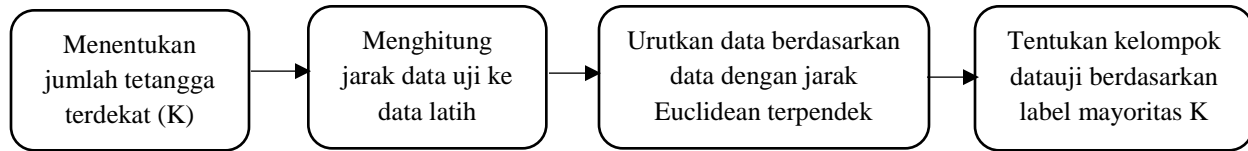
### 2.5 Elektroensepalografi

Elektroensepalografi adalah salah satu metode untuk mengukur aktifitas elektrik disepanjang kulit kepala [15]. Pada konteks kesehatan, EEG merekam aktifitas otak secara spontan selama periode tertentu, alat perekam EEG disebut elektroensepalogram [1]. Jenis sinyal EEG ada 5 (lima) yaitu delta (0-4 Hz), theta (4-8 Hz), alfa (8-13 Hz), beta (14-30 Hz), dan gamma diatas 30 Hz. Pada Gambar 1, kanal AF7, AF8, TP9, dan TP10 yang berwarna biru merupakan lokasi perekaman pada alat Muse Headband, sedangkan kanal Fpz berwarna hijau adalah lokasi perekaman pada alat Neurosky Mindwave. Penempatan lokasi analisis dijelaskan pada Gambar 1 berikut ini:



### 2.9 K-Nearest Neighbor

Algoritma *K-Nearest Neighbor* adalah metode klasifikasi pada objek berdasarkan jarak data pembelajaran terdekat dengan objek lain. Berikut algoritma KNN yang berbentuk diagram alir [13].



Gambar 3 Diagram Alir Algoritma KNN [13]

Untuk menghitung jarak diantara dua titik P dan Q, dapat digunakan jarak Euclidean [13]:

$$D_{\text{euc}}(P, Q) = \sqrt{(p_1^2 - q_1^2) + (p_2^2 - q_2^2) + \dots + (p_n^2 - q_n^2)} \tag{2.1}$$

Dimana pada rumus (2.1), p adalah lokasi data uji dan q adalah lokasi data latih.

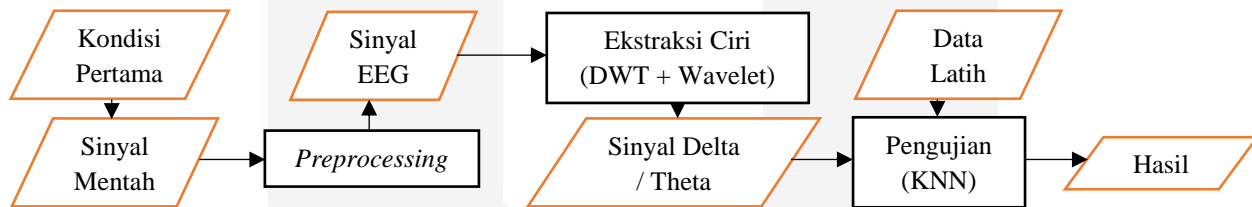
### 2.10 Heart Rate

*Heart Rate* yaitu menghitung jumlah detak jantung per satuan waktu dalam menit yang biasa disebut *beats per minute* (bpm). Posisi terbaik untuk menghitung detak jantung atau nadi yaitu pada pergelangan tangan, atas siku, leher, dan bagian atas kaki. Menurut American Heart Association, *heart rate* yang normal berkisar 60 hingga 100 bpm.

## 3. Perancangan dan Implementasi Sistem

### 3.1 Rancangan Sistem

Sistem yang dibangun akan didesain sebuah sistem untuk mengklasifikasi sinyal EEG saat mendengarkan lantunan ayat suci Alquran dengan keadaan rileks, berikut bagan alur sistem yang dibuat:



Gambar 4 Bagan Alur Sistem

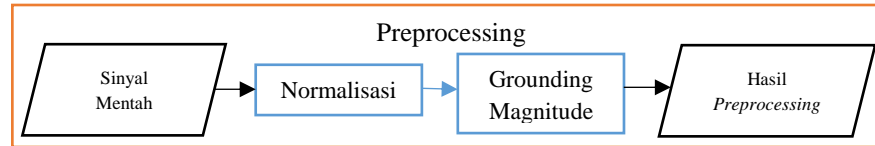
Pada penelitian ini, kondisi pertama di Gambar 4 berupa kondisi rileks dan sedang mendengarkan Alquran. Pada saat pengambilan data menggunakan Muse Headband dengan 4 (empat) kanal dan Neurosky Mindwave dengan 1 (satu) kanal. Data latih merupakan sinyal EEG rileks dan tidak rileks tanpa diberi masukan apapun yang telah diolah melalui proses *preprocessing* dan *feature extraction*.

### 3.2 Data Set

Data yang diambil pada penelitian ini melakukan perekaman sinyal otak partisipan menggunakan Neurosky Mindwave dan Muse Headband untuk merekam sinyal EEG selama 2 (dua) menit. Partisipan diminta untuk beradaptasi dalam keadaan rileks tingkat *Relief* pada saat pengambilan sinyal EEG berlangsung. Partisipan mempunyai latar belakang yang berbeda-beda yaitu dari santri pondok pesantren, pelajar, dan pegawai. Pengambilan data dilakukan kepada 40 partisipan untuk Neurosky Mindwave dan 20 partisipan untuk Muse Headband.

### 3.3 Preprocessing

Sinyal EEG bisa dianalisis dan diklasifikasi dengan benar dengan syarat sinyal EEG yang bersih. Tetapi sample EEG mentah yang diterima langsung dengan alat EEG dipastikan mengandung noise. Hal tersebut terjadi disebabkan oleh gerakan mata, distraksi, gangguan instrumen, dan lainnya. Oleh karena itu perlunya melakukan *preprocessing* lebih dahulu terhadap data EEG. Berikut ini adalah sistem *preprocessing* dapat dilihat dibawah ini:



Gambar 5 Sistem *Preprocessing*

### 3.4 Normalisasi

Normalisasi adalah sinyal berfungsi untuk menjaga amplitudo data dari gangguan luar seperti pergerakan mata, pergerakan kulit kepala, dan rambut. Berikut rumus normalisasi :

$$X_{\text{ternormalisasi}} = X - \text{mean}(X) \quad (3.1)$$

Dimana pada rumus (3.1), X adalah sinyal mentah EEG dan  $\text{mean}(X)$  adalah rata-rata sinyal mentah EEG

### 3.5 Grounding Magnitude

*Grounding magnitude* adalah proses menghilangkan gangguan yang terjadi pada saat bagian kepala partisipan bergerak. Namun pada data latih, *grounding magnitude* diperlakukan saat 2 detik pertama. Nilai amplitudo yang lebih dari  $200 \mu\text{V}$  dan kurang dari  $-200 \mu\text{V}$  dinolkan.

### 3.6 Ekstraksi Ciri

Pada penelitian ini, ekstraksi ciri atau *feature extraction* menggunakan *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dan menggunakan jenis wavelet Haar, Daubechies 4, dan Daubechies 8. Setelah proses DWT selesai, proses selanjutnya yaitu mengubah sinyal pada domain waktu ke sinyal domain frekuensi menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT).

### 3.7 Klasifikasi

Klasifikasi K-NN ini adalah metode yang membandingkan klasifikasi dari beberapa kelompok data dengan parameter masukan bernilai K. K adalah nilai yang menunjukkan data atau tetangga terdekat yang dihitung. Jumlah nilai K yang digunakan pada penelitian ini adalah  $K = 1, 3, 5, 7, 9, 11, \text{ dan } 13$ .

### 3.8 Parameter Keberhasilan

Parameter keberhasilan yang digunakan penelitian ini yaitu akurasi keberhasilan dari penelitian dan persentase kondisi rileks dari hasil pengujian. Rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$\text{Akurasi} = \frac{L - \text{Error}}{L} \times 100\% \quad (3.2)$$

$$\text{Persentase Rileks} = \frac{R}{L} \times 100\% \quad (3.3)$$

Dimana pada rumus (3.2) dan (3.3), L adalah jumlah data latih sedangkan R adalah data uji yang mempunyai kelas rileks yang telah diklasifikasi. Akurasi digunakan untuk pelatihan data latih, sedangkan persentase rileks digunakan pada saat klasifikasi data uji.

## 4 Pengujian Sistem

### 4.1 Lingkup Pengujian

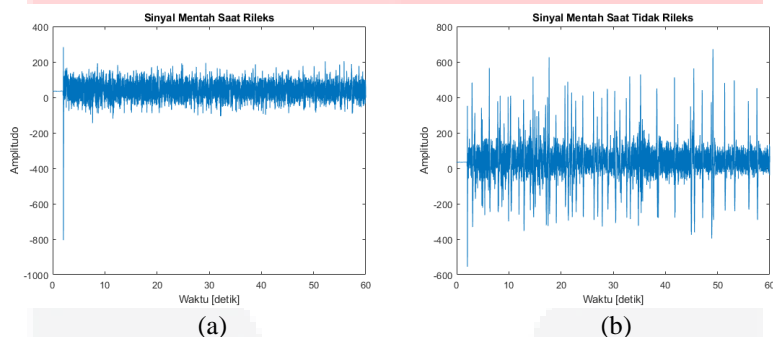
Sistem yang dirancang harus diujikan untuk membuktikan informasi dari sistem yang dibangun memiliki kelebihan atau kekurangan. Parameter yang digunakan yaitu tingkat akurasi. Penulis membahas hasil dan analisis performansi sistem yang telah dibuat berdasarkan parameter delta dan theta dimana menggunakan tiga jenis Wavelet yaitu Haar, Daubechies 4, dan Daubechies 8. Pengujian ini juga menggunakan *Discrete Wavelet Transform* (DWT) tingkat 6 untuk contoh frekuensi 512 Hz dan DWT tingkat 5 untuk contoh frekuensi 256 Hz, pada klasifikasi sistem ini menggunakan klasifikasi *K-Nearest Neighbor* (K-NN) pada  $K = 1$

### 4.2 Skenario Pengujian

Pengujian dilakukan dengan mengklasifikasikan kondisi pola sinyal yang dibagi menjadi dua, yaitu database dan data uji. Data yang diambil pada database adalah 30 pola sinyal rileks serta 30 pola sinyal tidak rileks pada data latih yang sudah tersimpan di file berupa .mat. Pada data uji, alat yang digunakan yaitu Neurosky Mindwave dan Muse Headband dengan mengambil contoh sebanyak 40 pola sinyal dengan durasi 2 menit di setiap pengambilan satu data.

### 4.3 Sinyal Mentah EEG

Proses analisis pada pola sinyal mentah yang didapatkan dari NeuroSky Mindwave dan Muse Headband diolah melalui Matlab yang menghasilkan rata-rata sinyal berupa variabel nilai dengan ukuran yang bervariasi, oleh karena itu setiap data yang diperoleh dibatasi hanya 30720 disetiap 60 data latih berjenis *double*. Sedangkan untuk data uji yang menggunakan Neurosky Mindwave dan Muse Headband masing-masing sebanyak 40 data uji. Berikut gambar dari salah satu contoh pola sinyal dalam keadaan rileks dan tidak rileks:

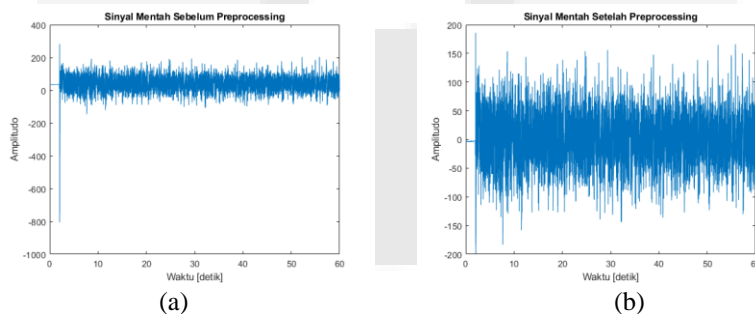


Gambar 6 Data Latih Saat Rileks (a) dan Data Latih Saat Tidak Rileks (b)

Dari Gambar 6 menunjukkan bahwa pola sinyal dalam keadaan tidak rileks mengalami lonjakan amplitudo yang tinggi dibandingkan sinyal dalam keadaan rileks.

### 4.4 Preprocessing

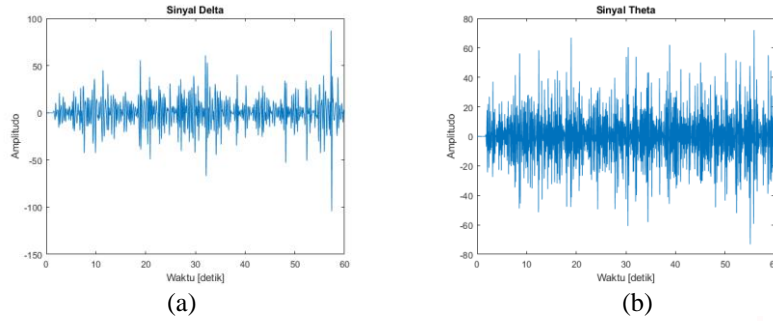
*Preprocessing* berfungsi menghilangkan sinyal yang memiliki lonjakan amplitudo lebih dari 200  $\mu V$  dan kurang dari -200  $\mu V$  yang diakibatkan gangguan faktor luar. Berikut ini perbandingan antara sinyal sebelum *preprocessing* (Gambar 7a) dan setelah *preprocessing* (Gambar 7b).



Gambar 7 Sinyal Mentah Sebelum *Preprocessing* (a) dan Sinyal Mentah Sesudah *Preprocessing* (b)

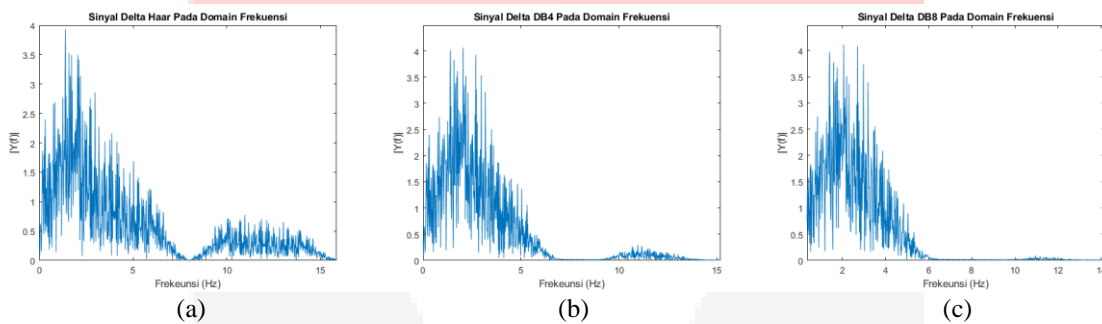
### 4.5 Ekstraksi Ciri

Proses ekstraksi ciri menggunakan metode wavelet, proses tersebut bertujuan untuk memperoleh sinyal delta dan theta pada sinyal mentah. Pada wavelet yang digunakan yaitu Daubechies 4 dan Daubechies 8 dengan dekomposisi tingkat 6 (enam) dan tingkat 5 (lima). Setelah itu proses yang dilakukan adalah FFT untuk mengubah data tersebut menjadi domain frekuensi. Berikut gambar sinyal setelah diproses melalui DWT:



**Gambar 8** Sinyal Delta (a) dan Sinyal Theta (b)

Gambar 8 menunjukkan perbedaan penyaringan sinyal delta dan penyaringan sinyal theta menggunakan *filter* Wavelet Daubechies 4. Lonjakan amplitudo pada sinyal theta lebih tinggi dibandingkan sinyal delta.



**Gambar 9** *Filter* Wavelet Haar (a), *Filter* Wavelet Daubechies 4 (b), dan *Filter* Wavelet Daubechies 8

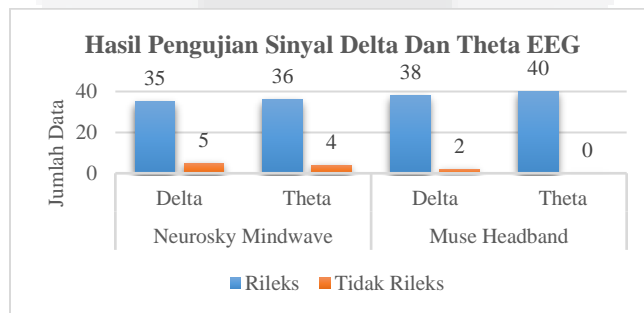
Terlihat pada Gambar 9 bahwa panjang *filter* yang dimiliki Wavelet Haar sebesar 2, Wavelet Daubechies 4 sebesar 8, dan Wavelet Daubechies 8 sebesar 16 menunjukkan semakin besar panjang *filter* maka semakin baik penyaringannya.

#### 4.6 Pernyataan Partisipan

Pernyataan rileks dan tidak rileks untuk data uji sangat sederhana yaitu partisipan mengakui apakah dalam keadaan rileks atau tidak. Pada data latih, menunjukkan rileks dapat diketahui melalui *heart rate* direntang 60-100 bpm.

#### 4.7 Analisis Pengujian Sistem Dan Klasifikasi

Analisis pengujian sistem dilakukan pada alat Neurosky dan Muse saat partisipan yang menyatakan dalam keadaan rileks dan mendengarkan Alquran. Berikut gambar grafik hasil dari pengujiannya:



**Gambar 10** Grafik Hasil Seluruh Pengujian

Dari hasil yang diperoleh pada Gambar 10 dengan kondisi seluruh partisipan mengakui dalam keadaan rileks saat mendengarkan Alquran, pada sistem ini para partisipan yang sedang mendengarkan Alquran relatif pada keadaan rileks. Dari 40 data pada alat Neurosky sebanyak 5 data tidak dalam keadaan rileks pada sinyal delta dan pada sinyal

theta ada 4 data tidak rileks, sedangkan pada Muse, sebanyak 2 data dinyatakan tidak rileks pada sinyal delta dan pada sinyal theta seluruh data dinyatakan rileks. Hasil tersebut diklasifikasi melalui K-NN dengan nilai  $K = 1$ .

## 5 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari perancangan hingga pengujian sistem untuk membandingkan kondisi saat rileks dan saat mendengarkan Alquran sebagai berikut :

1. Penggunaan DWT dan FFT sangat cocok untuk menganalisis sinyal EEG.
2. Nilai K pada K-NN semakin besar berdampak pada tingkat akurasi pelatihan yang semakin rendah.
3. Hasil pelatihan dan pengujian pada Wavelet Haar, Daubechies 4, dan Daubechies 8 cukup seimbang walaupun Daubechies 8 merupakan penyaring sinyal terbaik pada tugas akhir ini.
4. Perbandingan alat antara Neurosky Mindwave dan Muse Headband cukup mencolok, dimana Muse Headband lebih unggul pada tingkat akurasi pengujian.
5. Bila disatu titik kanal EEG bisa dikatakan dalam keadaan rileks, belum tentu titik lain pada kondisi rileks.

## Daftar Pustaka

- [1] T. W. Picton and A. Mazaheri, "Electroencephalography (EEG)," *Enycl. Neurosci.*, pp. 849–855, 2010.
- [2] M. Mahjoob, J. Nejati, A. Hosseini, and N. M. Bakhshani, "The Effect of Holy Quran Voice on Mental Health," *J. Relig. Health*, vol. 55, no. 1, pp. 38–42, 2016.
- [3] A. M. R. A. Alhouseini, I. F. Al-Shaikhli, A. W. B. A. Rahman, K. Alarabi, and M. A. Dzulkifli, "Stress Assessment while Listening to Quran Recitation," *Proc. - 2014 Int. Conf. Comput. Assist. Syst. Heal. CASH 2014*, pp. 67–72, 2015.
- [4] A. Al-Zaben, H. Hamad, A. Alfahoum, and W. Saefan, "Heart Rate Variability While Listening to Quran Recitation," *Arab. J. Sci. Eng.*, vol. 39, no. 2, pp. 1129–1133, 2014.
- [5] S. A. Y. Al-Galal, I. F. T. Alshaikhli, A. W. B. A. Rahman, and M. A. Dzulkifli, "EEG-based Emotion Recognition while Listening to Quran Recitation Compared with Relaxing Music Using Valence-Arousal Model," *Proc. - 2015 4th Int. Conf. Adv. Comput. Sci. Appl. Technol. ACSAT 2015*, pp. 245–250, 2016.
- [6] R. Wulansari, E. C. Dajamal, T. Darmanto, "Klasifikasi Sinyal EEG Terhadap Rangsangan Suara Menggunakan *Power Spectral Density* dan *Multilayer Perceptron*", ISBN 978-602-99334-5-1, Universitas Jendral Achmad Yani, 2016.
- [7] H. Galang, "Analisis Perbandingan Kondisi Pola Sinyal Theta dan Delta EEG Akibat Gawai Dalam Kondisi Sinyal 4G Dengan Metode Wavelet", kode 17.04.406, Universitas Telkom, 2017.
- [8] M. Kociolek, A. Materka, M. Strzelecki, and P. Szczypinski, "Discrete Wavelet Transform – Derived Features for Digital Image Texture Analysis," *Int. Conf. Signals and Electronic Syst.*, pp. 163–168, 2001.
- [9] T. Sivalakshmi and G. Sreenivasulu, "Comparative Analysis of Different Wavelets for EEG Signal Denoising," *Int. J. Innov. Res. Scienc. Eng. Technol.*, pp. 594–599, 2017.
- [10] M. Al-kadi and M. Marufuzzaman, "Effectiveness of Wavelet Denoising on Electroencephalogram Signals," *J. Appl. Res. Technol.*, vol. 11, no. 1, pp. 156–160, 2013.
- [11] A. Chavan and M. Kolte, "Optimal Mother Wavelet for EEG Signal Processing", pp. 5959–5963, 2013.
- [12] S. Z. M. Tumari, R. Sudirman, and A. H. Ahmad, "Selection of a Suitable Wavelet for Cognitive Memory Using Electroencephalograph Signal," *Sci. Res.*, vol. 2013, no. May, pp. 15–19, 2013.
- [13] B. Hadi, "Analisis Kondisi Rileks Ketika Mendengarkan Bacaan Al-Quran Berdasarkan Sinyal Alfa Beta EEG", kode 17.04.2942, Universitas Telkom, 2017.
- [14] F. Esti, "Analisis Kinerja Terbaik Sistem Denoising Sinyal EKG Berbasis Wavelet", kode 17.04.981, Universitas Telkom, 2017.
- [15] P. L. Nunez, R. Srinivasan, "Electric Field of the brain: The Neurophysics of EEG", Oxford University Press, New York, 2006.
- [16] M. Murugappan, M. Rizon, R. Nagarajan, S. Yaacob, D. Hazry, I. Zunaidi, "Time-Frequency Analysis of EEG Signal for Human Emotion Detection", Universiti Malaysia Perlis, Malaysia, 2008..
- [17] Zabdi, Aria, "Kajian Kenyamanan Fisik Pada Terminal Penumpang Stasiun Besar Yogyakarta", M.S. Thesis, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, 2016.
- [18] Katharine Kolcaba, "Comfort Theory and Practice : A Vision for Holistic Health Care and Research", 2003.
- [19] Researchgate, Muse Electrode Location [Online] Available: [https://www.researchgate.net/figure/a-Muse-electrode-location-by-10-20-international-standards-28-b-Student-research\\_fig3\\_308497256](https://www.researchgate.net/figure/a-Muse-electrode-location-by-10-20-international-standards-28-b-Student-research_fig3_308497256). [Diakses 11 Juni 2018, 21:31:21 WIB].