

## ANALISIS PENGARUH TINGKAT KOMPLEKSITAS HAFALAN PADA SINYAL ALFA DAN BETA EEG

*Impact Analysis of Rote Complexity Level on EEG's Alpha and Beta Signals*

Mohamad Ilham Abdurrahman<sup>1</sup>, Inung Wijayanto, S.T., M.T.<sup>2</sup>, Raditiana Patmasari, S.T., M.T.<sup>3</sup> <sup>1,2,3</sup> Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom  
Jln. Telekomunikasi No.1 Terusan Buah Batu Bandung 40257 Indonesia

<sup>1</sup>[mohamadilhama@student.telkomuniversity.ac.id](mailto:mohamadilhama@student.telkomuniversity.ac.id), <sup>2</sup>[iwijayanto@telkomuniversity.ac.id](mailto:iwijayanto@telkomuniversity.ac.id)

<sup>3</sup>[raditiana@telkomuniversity.ac.id](mailto:raditiana@telkomuniversity.ac.id)

### ABSTRAK

Hafalan adalah suatu hal yang sangat umum dilakukan oleh orang-orang untuk banyak kebutuhan dalam kehidupan. Mulai dari kebutuhan sosial, pendidikan sampai dengan kebutuhan religius. Hafalan juga dapat membuat otak mudah lelah dikarenakan oleh tingkat kesulitan hafalannya. Sehingga kita dapat menyadari bahwa tingkat materi yang dihafalkan seseorang berdampak pada otak orang tersebut.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dan mengidentifikasi sinyal alfa dan beta otak pada *Electroencephalograph* (EEG). Gelombang otak diambil dari responden yang sedang menghafal 3 materi berbeda yaitu nama-nama orang, rumus kalkulus dan ayat Alquran. Penelitian ini dianalisis dan diidentifikasi menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) dan diklasifikasi dengan metode *K-Nearest Neighbor* (K-NN)

Keluaran dari penelitian ini didapatkan kanal dan ciri mana yang paling efektif untuk digunakan yaitu TP9 untuk pelatihan dan TP10 untuk pengujian. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata akurasi yang diperoleh sebesar 79,125% pada kedua jenis sinyal. Hasil perbandingan bentuk sinyal menunjukkan bahwa pada ketiga kompleksitas hafalan, sinyal alfa lebih cenderung muncul daripada beta pada sinyal otak dan urutan kompleksitas hafalan dari yang paling kompleks adalah hafalan rumus, Alquran, kemudian nama berdasarkan dari perbandingan besaran nilai amplitude, magnitude dan *Eigen Value* (EigVal).

**Kata Kunci :** Hafalan, EEG, Alfa, Beta, PCA, K-NN, EigVal.

### ABSTRACT

*Memorizing is something that is commonly done in many occasions in life. Starting from social, educational, and religious needs. Rote can also make human brain gets easily tired, caused by the complexity of the rote materials. So that we realize that the complexity of the materials that is recited might impact to our brain.*

*This research is done to analyze and identify alpha and beta signals on electroencephalograph (EEG). Brainwaves are taken from respondents who were reciting 3 different things, those are names, formula and verse from Holy Quran. This study is analyzed and identified using Principal Component Analysis (PCA) and the classification using K-Nearest Neighbor (K-NN).*

*The output of this research is to determine which channel and feature is the most effective to be used, which are TP9 for training and TP10 for testing. The data testing result is obtained in amount of 79,125% for both frequencies. Signal comparison results show that from those 3 different rote complexity, alpha signal always liable in brain waves and the complexity order from the most complex are formula, Holy Quran, and name, obtained from the value comparison of amplitude, magnitude and Eigenvalue (EigVal).*

**Keyword :** Rote, EEG, Alpha, Beta, PCA, K-NN, Eigval.

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Hafalan adalah suatu hal yang sangat umum dilakukan oleh orang-orang untuk banyak kebutuhan dalam kehidupan. Mulai dari kebutuhan sosial, pendidikan sampai dengan kebutuhan religius. Dalam ilmu saraf, hafalan adalah proses menyerahkan sesuatu pada memori otak [1]. Proses mental terjadi pada saat penyimpanan memori untuk pengambilan informasi pada lain waktu. Hafalan juga dapat membuat otak mudah lelah dikarenakan oleh tingkat kesulitan hafalan, durasi menghafal dan proses mental yang dialami pada proses tersebut. Sehingga kita dapat menyadari bahwa materi yang dihafalkan seseorang berdampak pada otak orang tersebut [2].

Gelombang otak telah disinkronisasi dengan banyak fungsi kognitif otak seperti transfer informasi, persepsi, kontrol motorik dan memori hafalan [3]. Gelombang otak dapat dibedakan dalam bentuk amplitudo, magnitudo, frekuensi dan fasanya. Ada 5 macam gelombang otak yang diproduksi oleh otak manusia yaitu gamma, beta, alfa, theta dan delta. Dan dari 5 macam gelombang tersebut, selalu ada salah satu jenis gelombang otak yang paling dominan yang menandakan aktifitas otak tersebut pada saat itu [4]. Jika gelombang otak seseorang terlalu lama dalam kondisi gelombang berfrekuensi tinggi, orang tersebut akan mudah terserang penyakit dikarenakan penurunan kinerja mental orang tersebut [5]. Untuk melihat sinyal otak seseorang yang beraktifitas kita dapat menggunakan teknologi EEG [6].

Elektroensefalografi (EEG) merupakan salah satu cara monitoring kondisi otak yang *reliable* dan *noninvasive*. EEG dapat mendeteksi, mendiagnosa dan mengolah data dari aktifitas otak melalui sinyal elektrik yang dihasilkan oleh aktifitas kelistrikan di otak yang disebut elektroensefalogram [7].

Maka dari itu, tugas akhir ini bertujuan untuk menganalisa perbedaan kondisi gelombang otak saat sedang menghafal 3 materi dengan tingkat kesulitan yang berbeda, yaitu Alquran, nama dan rumus. Penelitian menggunakan EEG dengan meninjau hanya gelombang alfa dan beta nya saja. Sehingga diharapkan orang dapat mengantisipasi kondisi otak mereka tidak terlalu lama dalam kondisi gelombang berfrekuensi tinggi. Sebelumnya sudah ada penelitian yang melakukan analisis perbandingan pola sinyal alfa dan beta EEG untuk klasifikasi kondisi rileks pada perokok aktif dengan menggunakan *K-Nearest Neighbor* dan juga penelitian mengenai elektrokardiogram yang menggunakan analisis serupa [8][9]. Maka dari itu, penelitian ini bermaksud untuk mengembangkan penelitian tersebut dalam kondisi yang berbeda.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 *Electroencephalograph (EEG)*

Elektroensefalografi atau yang biasa disebut dengan EEG adalah suatu metode BCI yang *non-invasive*. EEG dapat mendeteksi, mendiagnosa dan mengolah data dari aktifitas otak melalui sinyal elektrik yang dihasilkan oleh aktifitas kelistrikan di otak yang disebut elektroensefalogram [7]. Aktifitas tersebut dapat dibaca melalui perangkat yang disebut elektroensefalograf, yang mana adalah sebuah perangkat elektroda yang ditempel disekitar kulit kepala.

EEG sangat sering dipakai dalam dunia riset karena tidak memerlukan operasi dan macam fungsi penggunaannya lebih luas. Walaupun tetap saja ada kekurangannya tersendiri yaitu resolusi sinyal kurang bagus pada frekuensi tinggi karena tengkorak meredam gelombang keluaran dari otak. BCI tipe non-invasif ini juga memiliki jumlah kanal yang bervariasi. Jumlah kanal merepresentasikan jumlah elektroda yang digunakan pada perangkat EEG saat menangkap gelombang otak dari kulit kepala [9]. Pada tugas akhir ini, alat yang digunakan adalah *muse headband monitor*. *Muse Headband Monitor* menggunakan daya dari sebuah baterai, alat ini terdiri dari 4 kanal elektroda EEG yang ditempelkan pada bagian depan kepala, *switch on/off* untuk menyambungkan Bluetooth, dan lampu indikator. Alat ini menghasilkan keluaran dengan frekuensi sampling 256 Hz saat di konfigurasi konstan pada interval pengambilan data.

## 2.2 Principal Component Analysis

*Principal Component Analysis* atau yang biasa disebut dengan PCA adalah metode ekstraksi ciri yang menggunakan prosedur statistik dengan menggunakan transformasi orthogonal untuk merubah kumpulan hasil pengamatan yang berkorelasi menjadi kumpulan nilai linear yang tidak berkorelasi [10]. PCA dapat digunakan untuk mereduksi dimensi suatu data tanpa mengurangi karakteristik data tersebut secara signifikan. PCA merupakan analisis antara dari suatu proses penelitian yang besar atau suatu awalan dari analisis berikutnya, bukan merupakan suatu analisis yang langsung berakhir. PCA adalah teknik statistik yang sudah digunakan secara luas baik dalam hal pengolahan data, pembelajaran mesin, maupun pengolahan citra atau pemrosesan sinyal [11].

## 2.3 Klasifikasi K- Nearest Neighbor (K- NN)

Algoritma *K-Nearest Neighbor* (K-NN) adalah sebuah metode untuk melakukan klasifikasi terhadap objek berdasarkan data pembelajaran data latih yang jaraknya paling dekat dengan objek tersebut [12]. Data ini direpresentasikan dengan ukuran jarak, sehingga dapat diolah ke dalam hitungan matematis. Data latih dengan jarak terdekat dikatakan sebagai tetangga (*Nearest Neighbor*) kemudian diurutkan dari jarak terdekat sampai terjauh. Tiap tetangga dapat berbeda satu sama lain ataupun sejenis. Tetangga sejenis dengan jumlah terbanyak di antara K tetangga terdekat adalah data yang sesuai dengan objek yang diklasifikasikan [8].

## 3. Pembahasan

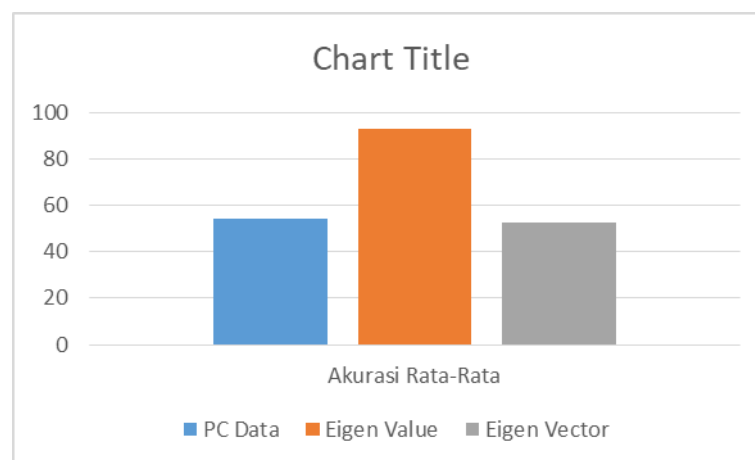
### 3.1 Pelatihan Sistem

Pelatihan sistem merupakan langkah-langkah yang dilakukan untuk mendapatkan parameter akurasi dan akan melanjutkan proses skenario pengujian yang akan mengetahui parameter mana yang paling baik untuk digunakan. Tujuan dari Pelatihan sistem ini adalah:

1. Mengetahui performansi sistem berdasarkan parameter akurasi pengujian data latih.
2. Menganalisis parameter yang terbaik untuk digunakan sebagai data latih pada klasifikasi

#### 3.1.1 Pencarian Parameter Ciri Terbaik

Tahap selanjutnya adalah mengetahui perubahan yang terjadi ketika nilai dari parameter diubah, sehingga didapatkan kondisi sistem paling baik yang akan diterapkan pada pengujian. Pertama, kami akan mencari kanal terbaik dalam akurasi pelatihan. Metode ekstraksi ciri yang digunakan adalah *Principal Component Analysis* (PCA). Pada metode PCA, ada beberapa ciri yang dapat dijadikan parameter yaitu *PCData*, *Eigen Vector* dan *Eigen Value*. Berikut adalah hasil akurasi dari berbagai parameter ciri yang dapat dipakai.



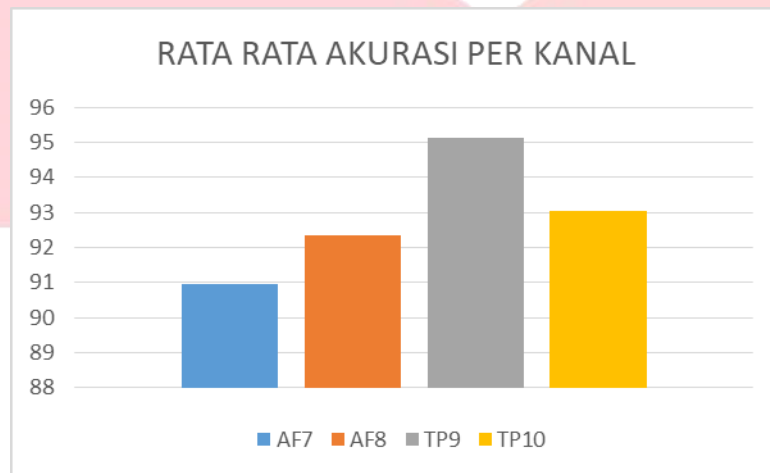
**Gambar 4. 1** Grafik rata-rata akurasi pada setiap parameter ciri

Setelah dianalisis pada hasil rata-rata akurasi pada setiap parameter ciri, parameter ciri yang digunakan adalah *Eigen Value* atau EigVal.

Kemudian data yang sudah diekstraksi menggunakan PCA, diklasifikasi atau dikelompokkan menjadi beberapa kelas menggunakan klasifikasi *K- Nearest Neighbor* (K- NN), dimana terdapat 3 kelas yaitu kelas kondisi menghafal Alquran, nama dan rumus. Parameter kedua yang digunakan adalah nilai K yaitu banyaknya tetangga yang diperhitungkan dalam menentukan kelas.

### 3.1.2 Pencarian Kanal Terbaik

Berikut adalah grafik rata-rata akurasi sinyal latih pada setiap kanal yang telah dipengaruhi oleh nilai K pada setiap sinyal alfa dan betanya

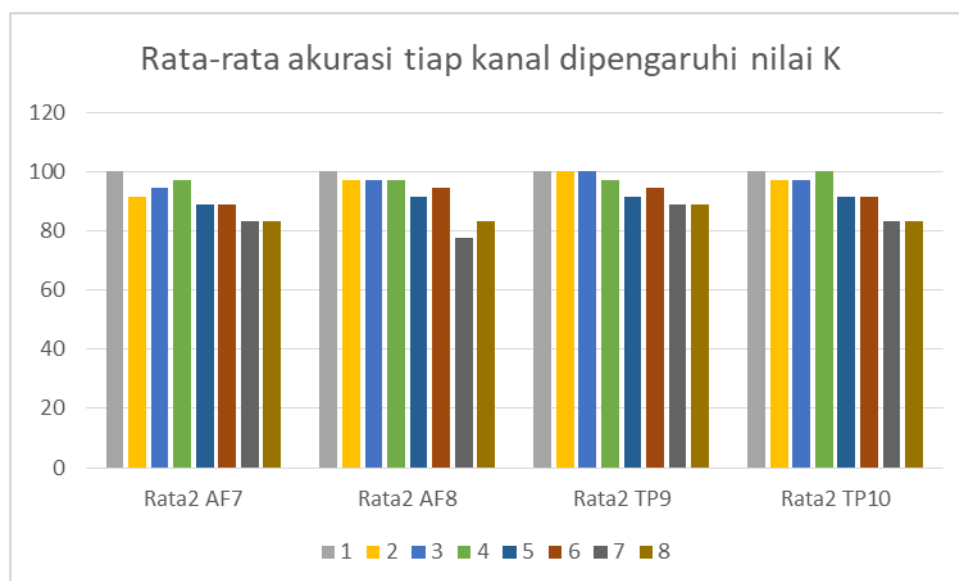


**Gambar 4. 2** Grafik rata-rata hasil pelatihan sinyal pada setiap kanal

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa nilai rata-rata akurasi tertinggi terdapat pada kanal TP9. Data diatas sudah diakumulasikan dari data tiap sinyal yang dipengaruhi oleh perubahan nilai K.

### 3.1.3 Pencarian Nilai K Terbaik

Berikut adalah grafik rata-rata akurasi sinyal latih pada setiap kanal yang dipengaruhi oleh nilai K.



**Gambar 4. 3** Grafik rata-rata akurasi sinyal latih alfa dan beta dipengaruhi oleh nilai K

Dari grafik diatas, dapat dilihat bahwa K dengan nilai 1 memiliki nilai rata-rata akurasi sinyal latih sebesar 100 persen pada kedua bentuk sinyal. Sehingga nilai K yang akan digunakan pada pengujian adalah 1 karena K dengan nilai 1 memiliki jarak terkecil dari yang lain.

### 3.2 Skenario Pengujian

Pada sistem yang dibangun, dibutuhkan skenario pengujian agar didapatkan skenario terbaik data untuk dianalisis perbedaannya. Dalam sistem ini digunakan 18 data sebagai data latih dan 6 data sebagai data uji. Dari 18 data latih, terdapat 3 jenis kelas yaitu kelas Alquran sebanyak 6 data, kelas Nama sebanyak 6 data dan kelas Rumus sebanyak 6 data. Pengujian dilakukan dengan melihat pengaruh parameter K terhadap kedua jenis sinyal, yaitu alfa dan beta. Masing-masing pengujian memiliki hasil yang direpresentasikan dalam bentuk tabel dan gambar.

#### 3.2.1 Hasil Pengujian

Berikut adalah hasil pengujian sistem terhadap sinyal alfa dan beta EEG saat menghafalkan 3 hafalan dengan kompleksitas yang berbeda

**Tabel 4. 1** Tabel hasil akurasi pengujian tiap kanal pada sinyal alfa dan beta

Data AF7	Kondisi Hafalan	Terbaca		Data AF8	Kondisi Hafalan	Terbaca	
		Alfa	Beta			Alfa	Beta
Fahmi	Alquran	Alquran	Alquran	Fahmi	Alquran	Alquran	Alquran
	Nama	Nama	Nama		Nama	Nama	
	Rumus	Nama	Nama		Rumus	Nama	
Thifal	Alquran	Alquran	Alquran	Thifal	Alquran	Nama	Alquran
	Nama	Nama	Nama		Nama	Nama	
	Rumus	Rumus	Nama		Rumus	Rumus	
Akurasi (%)		83,3	66,6	Akurasi (%)		66,6	83,3

Data TP9	Kondisi Hafalan	Terbaca		Data TP10	Kondisi Hafalan	Terbaca	
		Alfa	Beta			Alfa	Beta
Fahmi	Alquran	Alquran	Alquran	Fahmi	Alquran	Alquran	Alquran
	Nama	Alquran	Alquran		Nama	Nama	
	Rumus	Rumus	Nama		Rumus	Rumus	
Thifal	Alquran	Alquran	Alquran	Thifal	Alquran	Alquran	Alquran
	Nama	Nama	Nama		Nama	Rumus	
	Rumus	Rumus	Rumus		Rumus	Rumus	
Akurasi (%)		83,3	66,6	Akurasi (%)		83,3	100

Hasil pengujian pada sinyal alfa dan beta menunjukkan bahwa rata-rata data yang terdeteksi sebesar 79,125% dan kanal yang memiliki akurasi terbesar adalah kanal TP10 dengan akurasi 83,3% untuk sinyal alfa dan 100% pada sinyal beta. Setelah dilihat, data Fahmi di kanal TP10 memiliki akurasi 100% pada saat pengujian sinyal alfa dan beta. Maka dari itu, perbandingan sinyal selanjutnya akan dilakukan pada data Fahmi di kanal TP10 karena sinyal dan cirinya paling mendekati data sinyal dan ciri yang lain sehingga dapat memiliki akurasi yang besar.

#### 3.2.2 Perbandingan Nilai Eigen Value

Berikut adalah nilai EigVal data Fahmi pada kanal TP10.

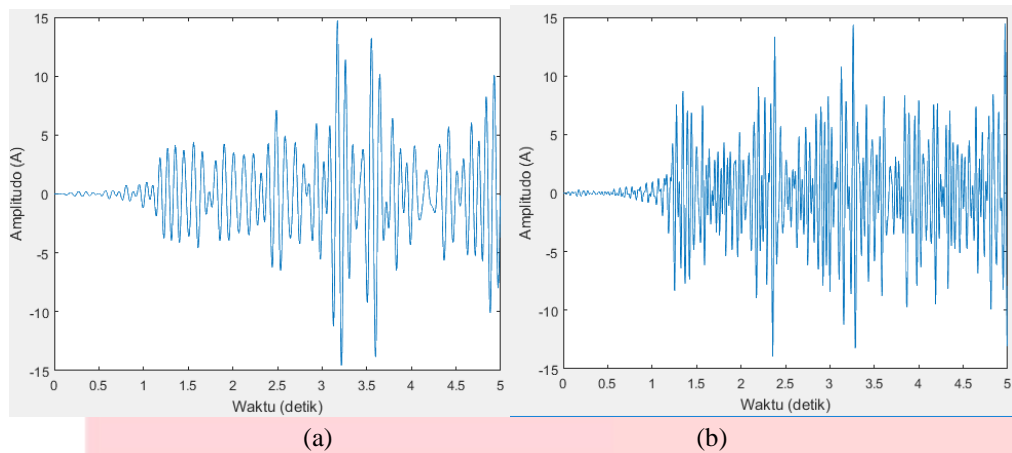
**Tabel 4. 2** Tabel nilai eigen value data Fahmi pada kanal TP10

Nama	Hafalan	EigVal	
		Alfa	Beta
Fahmi	Alquran	397684,5	974557,2
	Nama	4576,376	15041,03
	Rumus	2471,047	3989,136

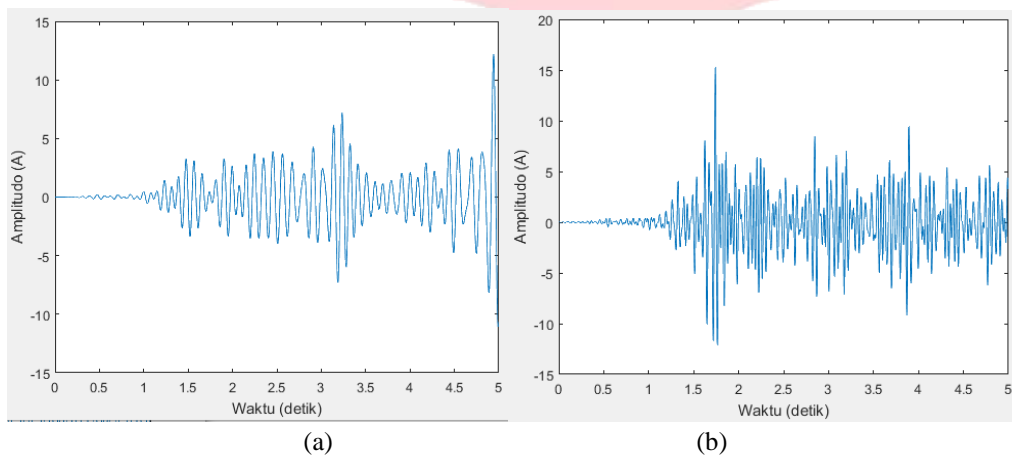
Hasil EigVal data Fahmi pada kanal TP10 menunjukkan bahwa data sinyal pada materi hafalan Alquran memiliki nilai EigVal tertinggi dan hafalan rumus memiliki nilai EigVal terkecil. Jika nilai EigVal pada alfa dan beta setiap materi hafalan dibandingkan, didapatkan nilai perbandingan 2:5 untuk materi Alquran, 3:10 untuk materi nama dan 3:5 untuk materi rumus.

### 3.2.3 Perbandingan Sinyal Hasil *Preprocessing*

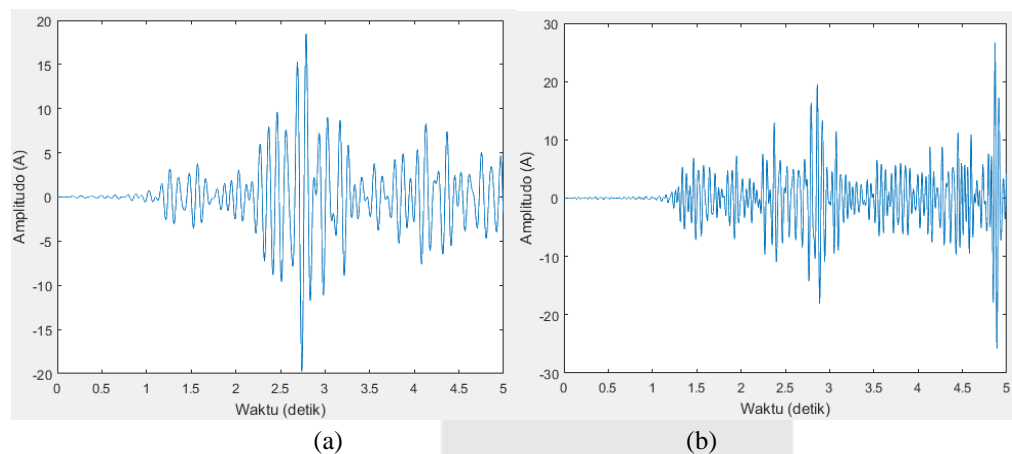
Berikut adalah plot sinyal data Fahmi pada kanal TP10 hasil preprocessing alfa dan beta untuk setiap materi hafalan.



**Gambar 4. 4** Hasil preprocessing sinyal (a) alfa dan (b) beta Alquran



**Gambar 4. 5** Hasil preprocessing sinyal (a) alfa dan (b) beta nama

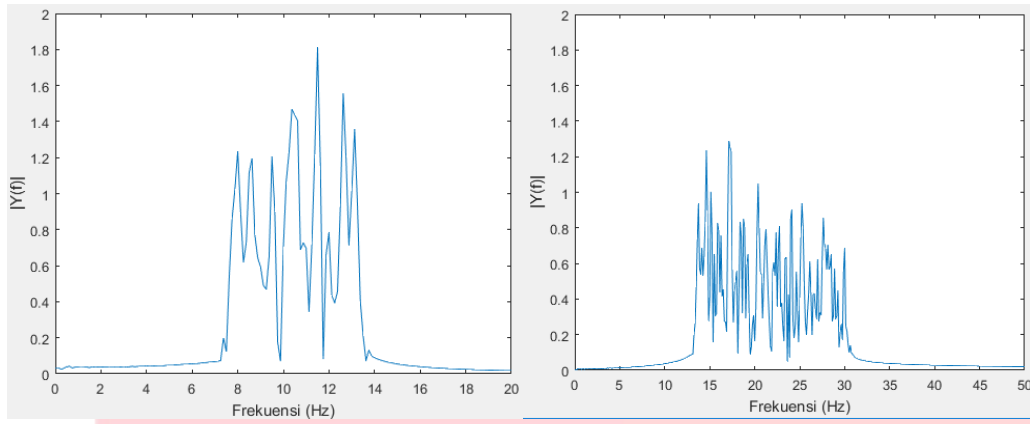


**Gambar 4. 6** Hasil preprocessing sinyal (a) alfa dan (b) beta rumus

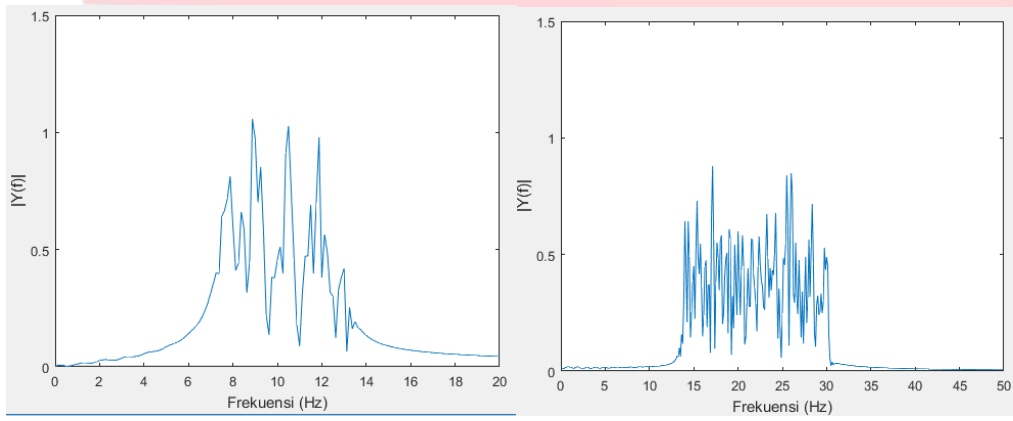
Dari gambar hasil preprocessing pada setiap materi hafalan, dapat dilihat bahwa pada materi Alquran, amplitudo maksimal yang dimiliki oleh alfa dan beta hampir sama besar berada pada kisaran nilai 14,9. Pada hafalan nama, sinyal alfa berada pada kisaran nilai 12,4, dan pada sinyal beta berada pada kisaran nilai 16,3. Pada hafalan rumus, sinyal alfa berada pada kisaran nilai 18,8, dan pada sinyal beta berada pada kisaran nilai 27,4.

**3.2.4 Perbandingan Sinyal Hasil FFT**

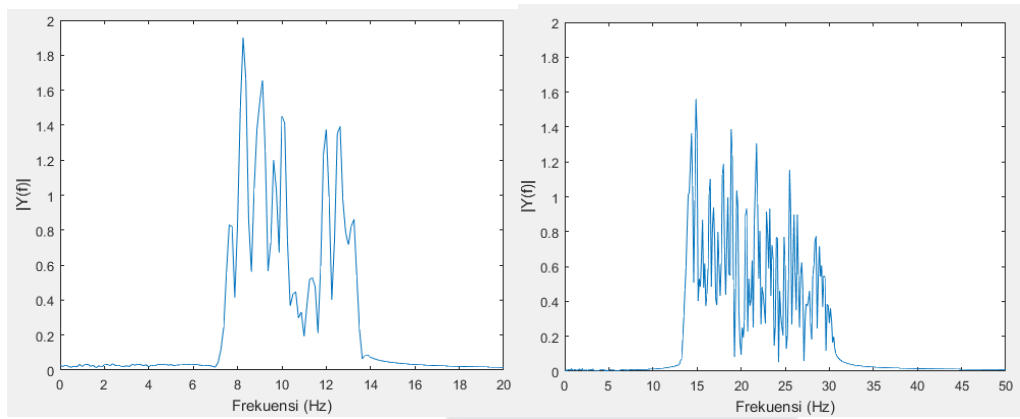
Berikut adalah plot sinyal data Fahmi pada kanal TP10 hasil FFT alfa dan beta untuk setiap materi hafalan.



(a) (b)  
**Gambar 4. 7**Hasil FFT sinyal (a) alfa dan (b) beta Alquran



(a) (b)  
**Gambar 4. 8**Hasil FFT sinyal (a) alfa dan (b) beta nama



(a) (b)  
**Gambar 4. 9**Hasil FFT sinyal (a) alfa dan (b) beta rumus

Dari gambar hasil FFT pada setiap materi hafalan, dapat dilihat bahwa pada materi Alquran, nilai magnitude terbesar sinyal alfa terdapat pada frekuensi 11,8 sebesar 1,84 dan untuk beta, terdapat pada frekuensi 17,3 sebesar 1,31. Pada sinyal alfa materi nama, terdapat pada frekuensi 8,7 sebesar 0,92 dan untuk beta, terdapat pada frekuensi 17,1. Pada sinyal alfa materi rumus, pada frekuensi 8,3 sebesar 1,95 dan untuk beta, pada frekuensi 14,6 sebesar 1,59.

#### 4. Analisis

Berdasarkan hasil pelatihan sistem, pada sinyal alfa dan beta menunjukkan bahwa  $K=1$  merupakan jarak terbaik. Pada hasil pengujian sistem, pada sinyal alfa dan beta menunjukkan bahwa pada kanal TP10 data yang sedang menghafal Alquran, nama dan rumus dapat terdeteksi dengan akurasi terbesar yaitu 83,3% pada sinyal alfa dan 100% pada sinyal beta.

Berdasarkan hasil perbandingan nilai EigVal, dapat dilihat bahwa urutan nilai perbandingan dari yang terbesar dimiliki oleh data EigVal pada materi rumus, Alquran dan nama. Pada hasil perbandingan plot sinyal preprocessing, dapat dilihat bahwa urutan nilai amplitudo maksimal sinyal alfa dari yang terbesar dimiliki oleh sinyal preprocessing pada materi rumus, Alquran, dan nama. Untuk sinyal beta, urutan nilai amplitudo maksimal dari yang terbesar dimiliki oleh hafalan rumus, nama dan Alquran. Pada hasil perbandingan plot FFT, dapat dilihat bahwa urutan nilai magnitude tertinggi sinyal alfa maupun beta dari yang terbesar dimiliki oleh sinyal FFT pada materi rumus, Alquran dan nama. Jika dilihat pada setiap materi hafalan, dapat dilihat bahwa sinyal alfa memiliki magnitude yang lebih tinggi daripada sinyal beta.

#### 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada sistem pengklasifikasian kondisi rileks pada penelitian ini, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem ini mampu mengklasifikasikan menggunakan metode ekstraksi ciri PCA dan klasifikasi K-NN.
2. Akurasi terbesar pada penelitian ini didapatkan saat menggunakan parameter ciri *eigen value*.
3. Pada sinyal alfa dan beta, Semakin besar nilai K semakin memperkecil akurasi.
4. Kanal dengan akurasi terbaik pada penelitian ini, TP9 untuk pelatihan dan TP10 untuk pengujian.
5. Sinyal alfa lebih cenderung besar daripada beta pada sinyal otak di setiap materi hafalan.
6. Urutan kompleksitas hafalan dari yang paling kompleks pada penelitian ini adalah rumus, Alquran, kemudian nama yang mempengaruhi besar nilai magnitude, amplitudo, dan perbandingan *eigen value*

#### Daftar Pustaka :

- [1] J. C. Jahnke dan R. H. Nowaczyk, *Cognition*, Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 1998.
- [2] J. Beatty, *The Human Brain: Essentials of Behavioral Neuroscience*, Thousand Oaks, CA: Sage Publication, 2001.
- [3] R. Sternberg, *Cognitive Psychology*, Belmont, California: Thomson Wadsworth, 2006.
- [4] A. Schnitzler. dan J. Gross., "Normal and pathological oscillatory communication in the brain," *Nature Reviews Neuroscience*, pp. 285-296, 2005.
- [5] J. Hughes, "Gamma, fast, and ultrafast waves of the brain: their relationships with epilepsy and behavior," *Epilepsy Behav*, pp. 25 - 31, 2008.
- [6] A. Rizal, *Instrumentasi Biomedis*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2014.
- [7] E. Niedermeyer dan F. S. d. Silva, "Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields," *Lippincott Williams & Wilkins*, 2004.
- [8] H. Ahmad, W. Inung dan H. Sugondo, "Analisis Perbandingan Pola Sinyal Alfa an Beta EEG untuk Klasifikasi Kondisi Rileks pada Perokok Aktif dengan Menggunakan K-Nearest Neighbor," *Telkom University*, 2017.
- [9] Rajni dan I. Kaur, "Electrocardiogram Signal Analysis - An Overview," *International Journal of Computer Applications*, vol. 84, pp. 22-24, 2013.
- [10] R. A. Johnson dan D. W. Wichern, *Applied Multivariate Statistical Analysis*, New Jersey: Prentice-Hall International Inc., 1998.
- [11] N. Bhatia dan Vandana, "Survey of Nearest Neighbor Techniques," *Penelitian*, 2010.
- [12] R. Whidhiasih, N. Wahanani dan Supriyanto., "Klasifikasi Buah Belimbing Berdasarkan Red-Green-Blue Menggunakan KNN dan LDA," *Penelitian*, 2013.