

IDENTIFIKASI BIOMETRIK BERDASAKAN SINYAL EEG 4 KANAL DENGAN STIMULI FOTO MENGGUNAKAN METODE HJORTH

BIOMETRIC IDENTIFICATION BASED ON 4 CHANNEL EEG SIGNAL WITH PHOTO STIMULI USING HJORTH METHOD

Fauzia Anis Sekar Ningrum¹, Inung Wijayanto, S.T., M.T.², Sugondo Hadiyoso, S.T., M.T.³

^{1,2}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

³Prodi D3 Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom

¹fauzianingrum@students.telkomuniversity.ac.id, ²iwijayanto@telkomuniversity.co.id,

³sugondohadiyoso@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Teknik biometrik adalah metode untuk mengenali seseorang berdasarkan karakteristik fisiologis atau karakteristik perilaku. Keunggulan dari teknik biometrik adalah keaslian lebih terjamin dan sulit di modifikasi. Teknik Biometrik yang akan diteliti dalam tugas akhir ini dengan memanfaatkan sinyal otak yaitu EEG. *Electroencephalograph* (EEG) adalah suatu alat yang mempelajari gambar dari rekaman aktifitas listrik dalam otak manusia yang memanfaatkan sinyal sebagai identifikasi biometrik. Pada tugas akhir ini diusulkan sebuah kerangka identifikasi biometrik berdasarkan sinyal EEG dengan *stimuli* foto. Pengambilan data dilakukan kepada 5 partisipan dengan 5 kali pengambilan data menggunakan *Muse Headband Monitor* yang dipasangkan pada kepala partisipan. Dalam tugas akhir ini ekstraksi ciri yang digunakan menggunakan metode *Hjorth Descriptor* dan klasifikasi JST *Backpropagation*. Dalam penelitian ini menggunakan data sebanyak 25 (terdiri dari 10 data uji dan 15 data latih), data tersebut diklasifikasikan kedalam 4 kelas. Sistem yang telah dibuat menghasilkan tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan menggunakan ekstraksi ciri yang lain yaitu mencapai 88%.

Kata kunci: EEG, otak, biometrik, stimuli, hjorth.

Abstract

Biometric techniques are methods for recognizing a person based on physiological characteristics or behavioral characteristics. The advantages of biometric techniques are more assured of authenticity and difficult to modifications. The biometric technique that will be examined in this final task by utilizing brain signals namely EEG. Electroencephalograph (EEG) is a tool that examines the pictures from the recording of the electrical activity in the human brain that utilizes the signals as a biometric identification. In this final project proposes a framework of EEG signal based on biometric identification with photo stimuli. Data capture is carried out to 5 participants, 5 times using Muse Headband Monitors attached to the participant's head. In this final project, feature extraction that used using the Hjorth Descriptor method and classification of Backpropagation Artificial Neural Network. In this study, using 25 data (consisting of 10 test data and 15 training data), the data is classified into 4 classes. The system that has been made produces a better level of accuracy compared to using other feature extraction which is 88%.

Keyword: EEG, brain, biometrics, stimuli, hjorth.

1. Pendahuluan

Otentikasi dengan menggunakan *password* seringkali menemui masalah seperti lupa *password* karena menggunakan satu jenis *password* untuk semua hal. Oleh karena itu, teknik biometrik menjadi teknik yang tepat untuk mengatasi masalah tersebut. Teknik biometrik adalah metode untuk mengenali seseorang berdasarkan karakteristik fisiologis atau karakteristik perilaku [1]. Keunggulan dari teknik biometrik yaitu lebih terjamin keaslian dan sulit di modifikasi. Teknologi biometrik terbaru yang sedang dikembangkan saat ini yaitu dengan memanfaatkan gelombang otak yang disebut EEG.

EEG secara tradisional diperoleh dengan melakukan proses implantasi dengan menanamkan elektrode ke dalam tengkorak kepala menggunakan gel sebagai media konduksi yang dikenal dengan metode *invasive* [2]. Sekarang, data yang sama dapat dikumpulkan dengan menggunakan sensor *non-invasive* yang dipasangkan ke *headset* audio dan perangkat elektronik lainnya [2].

Hal ini membuka kemungkinan besar untuk menggunakan sinyal gelombang pada domain aplikasi [2]. Oleh karena itu pada tugas akhir ini dilakukan penelitian untuk mengidentifikasi biometrik otak menggunakan *stimuli*

foto dengan metode *Hjorth Descriptor*. Otak akan bekerja untuk mengenali beberapa buah visual baik yang sudah familiar maupun yang baru.

2. Dasar Teori

2.1. Biometrik

Biometrik adalah teknologi otentikasi sebuah identitas seseorang dengan membuktikan sebuah karakteristik pribadi. Keunggulan dari biometrik yaitu keaslian lebih terjamin, tidak dapat hilang atau rusak [1]. Dalam tugas akhir ini karakteristik yang ditonjolkan dalam bentuk *psychological* yang diterapkan dalam bentuk gelombang otak.

2.2. Otak

Otak merupakan salah satu organ yang berfungsi sebagai pusat sistem saraf pada manusia dan sebagian makhluk hidup lainnya. Otak dibagi menjadi 3 bagian utama yaitu *cerebrum*, *cerebellum*, dan *brainstem* [3].

2.3. EEG

Electroencephalograph (EEG) adalah salah satu tes untuk mengukur aktivitas kelistrikan dari otak untuk mendeteksi adanya kelainan dari otak. EEG akan merekam aktivitas elektrik dari otak yang direpresentasikan dalam bentuk garis gelombang. Ada 5 tipe gelombang elektrik otak yang dapat dihasilkan dari tes EEG yaitu *alpha* (8-13Hz), *betha* (14-30Hz), *theta* (4-8Hz), *delta* (0-4Hz), *gamma* (20-40Hz)[4][5][6].

2.4. Hjorth Descriptor

Hjorth Descriptor mempunyai 3 parameter dalam pengukuran yaitu *activity*, *mobility*, dan *complexity*. Parameter *activity* mengukur kekuatan rata-rata dari sinyal diperoleh dengan mengambil varians dari sinyal [7]. Parameter *mobility* merepresentasikan *mean* frekuensi atau proporsi standar deviasi spektrum daya [8]. Sedangkan parameter *complexity* merepresentasikan perubahan frekuensi. Parameter ini membandingkan similaritas sinyal dengan sinus gelombang murni [8].

$$Activity = var(y(t)) = \sigma_x^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - x)^2 \quad (2.1)$$

$$Mobility = \frac{\sigma_{x'}}{\sigma_x} \quad (2.2)$$

$$Complexity = \frac{\sigma_{x''}/\sigma_{x'}}{\sigma_{x''}/\sigma_x} \quad (2.3)$$

Dimana x merupakan sinyal rata-rata dari sinyal $y(t)$ dalam populasi N buah sampel.

2.5. JST Backpropagation

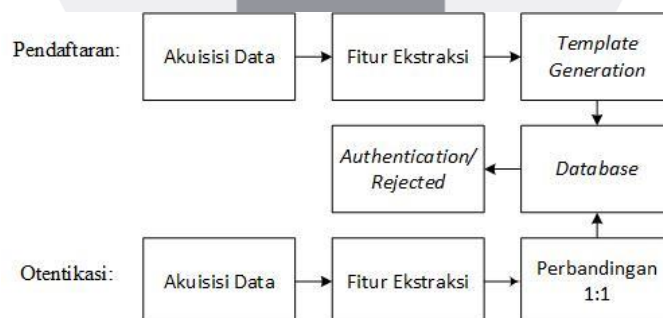
Jaringan Syaraf Tiruan (JST) merupakan suatu sistem pemrosesan informasi yang mempunyai model matematis dari pemahaman manusia (*human cognition*) [9]. JST dapat digambarkan sebagai model matematis dan komputasi untuk fungsi aproksimasi nonlinear, klasifikasi data, kluster dan regresi non parametrik atau sebagai sebuah simulasi dari koleksi model saraf biologi [10]

2.6. BandPass Filter

Bandpass filter adalah *filter* yang hanya melewatkan sinyal-sinyal yang frekuensinya tercantum dalam pita frekuensi atau *passband* tertentu.

3. Model Sistem

3.1 Gambaran Umum Sistem



Gambar 3.1. Proses identifikasi biometrik sinyal EEG [13]

Terdapat 2 fase dalam otentikasi biometrik yaitu pendaftaran dan otentikasi. Setiap fase dimulai dengan akuisisi data EEG mentah melalui *Muse Headband Monitor*. *Headband* ini memiliki 4 kanal yang akan dibahas pada tugas akhir ini. Setelah melakukan rekaman data, sinyal EEG akan melewati tahap ekstraksi. Pada fase pendaftaran, vektor fitur perwakilan yang diekstraksi untuk setiap subjek dinamai sebagai vektor *template*. Vektor *template* disimpan dalam *database* sebagai vektor perwakilan untuk setiap subjek. Kemudian, vektor fitur yang diekstrak selama fase otentikasi berkorelasi dengan vektor *template* untuk setiap subjek dan nilai korelasi dibandingkan dengan ambang batas yang telah ditentukan untuk menerima atau menolak subjek yang diklaim. Ambang batas adalah korelasi minimum yang diperlukan untuk menerima subjek sebagai klien yang benar[12].

3.2 Tahapan Proses Sinyal

1. *Brain Wave*, yaitu membaca sinyal gelombang otak yang dikelompokkan menjadi 5 *sub band*. Pada tugas akhir ini akan menganalisis pada *sub band alpha* (8-13 Hz) dan *gamma* (20-40 Hz).
2. *Data Acquisition*, data yang akan dibaca menggunakan 4 kanal sinyal EEG dengan stimuli foto. Area EEG yang terpilih berdasarkan pada sinyal data gelombang yang lebih mencolok.
3. *Feature Extraction*, ekstrasi gelombang EEG dengan menggunakan parameter *hjorth*.
4. *1:1 Comparison* dan *Template Generation* akan menjadi *database* sehingga dapat dibuktikan sifat biometrik.

3.3 Dataset

Pengambilan data dilakukan dengan memakaikan *Muse Headband* kepada partisipan untuk merekam sinyal EEG. Pengambilan data dilakukan kepada 5 orang partisipan dengan menggunakan *stimuli* foto selama 10 menit dan 5 kali pengambilan data. Partisipan akan merespon foto yang ditampilkan melalui *Power Point*. Foto yang ditampilkan ada 20 foto, 10 foto yang dikenal partisipan, dan 10 foto yang tidak dikenal partisipan. Selama pengambilan data, partisipan akan merespon setiap foto yang ditampilkan dalam ingatannya. Selama pengambilan data, partisipan juga diusahakan untuk tidak mengedipkan mata dan berada dalam kondisi nyaman.

3.4 Pre-Processing

Karena data EEG mentah yang diterima langsung dengan alat EEG biasanya mengandung *noise*, diperlukan proses agar sinyal EEG dapat dianalisis dan diklasifikasi dengan benar. Karena itu perlu dilakukan *pre-processing* dulu berupa normalisasi dan *filtering noise*.



Gambar 3.2 Blok Sistem Pre-Processing

3.5 Normalisasi

Metode normalisasi yang digunakan yaitu normalisasi *minmax*. Metode ini *re-scale* data dari suatu *range* ke *range* baru lain. Data di skalakan dalam *range* 0 dan 1. Persamaan normalisasi minmax adalah sebagai berikut[15]:

$$d' = \frac{(d - \min(p))}{(\max(p) - \min(p))} \quad (3.1)$$

Dimana $\min(p)$ adalah nilai minimum dari ciri, dan $\max(p)$ merupakan nilai maksimal dari ciri.

3.6 Ekstraksi Ciri dengan Hjorth Descriptor

Pada ekstraksi ciri dilakukan menggunakan *hjorth*. Hasil akhir dari ekstraksi ciri menggunakan *hjorth descriptor* adalah *hjorth* parameter yang antara lain adalah nilai parameter aktivitas, mobilitas dan kompleksitas.

3.7 Klasifikasi

Pada penelitian ini menggunakan *JST backpropagation* sebagai klasifikasi. Algoritma ini berfungsi untuk meminimalisir nilai eror dengan cara *trial error* sampai mendapatkan nilai eror yang diinginkan.

3.8 Akurasi

Akurasi berfungsi untuk mengenali masukan yang diberikan sehingga menghasilkan keluaran yang benar.

3.9 Cross Validation

Validasi Silang (*Cross Validation*) adalah metode statistika yang digunakan untuk melakukan perbandingan dan pengujian pada sebuah data. Validasi ini membagi data menjadi data latih dan data uji [16].

4. Hasil Pengujian dan Analisis

4.1. Data Mentah EEG

Pengambilan data dilakukan 5 kali. Dataset merupakan data latih dan data uji dari pengambilan data menggunakan *Muse Headband Monitor* yang berjumlah 15 data latih dan 10 data uji kepada 5 partisipan dengan waktu pengambilan data selama 10 menit dengan 4 kanal yang akan di analisis.

4.2. Pengujian Sistem

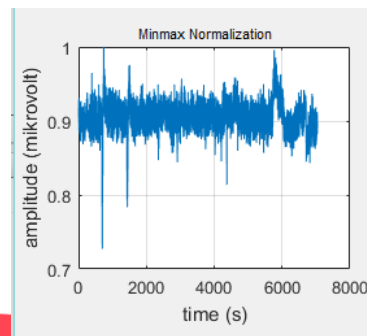
Proses pengujian sistem dilakukan agar mendapatkan performansi berdasarkan parameter akurasi serta dapat menganalisis hasil dari sistem sehingga dapat diketahui kemampuan sistem.

4.3. Tahap Pengujian Sistem

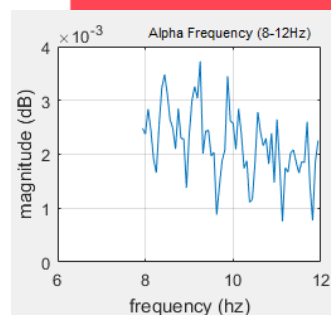
Tahap Pertama, melakukan pengambilan data kepada 5 partisipan sebanyak 5 kali dengan waktu pengambilan data selama 10 menit. Hasil pengambilan data menghasilkan *dataset* sebanyak 25 yang dibagi menjadi 15 data latih dan 10 data uji. Dari total waktu 10 menit, hanya diambil 1 detik untuk analisisnya. Hasil dari pengambilan data menggunakan *Muse Headband Monitor* diubah menjadi format *.mat* agar bisa dibaca di Matlab. Tahap Kedua, melakukan proses *pre-processing*, yaitu proses normalisasi dengan metode *minmax* dan *filtering noise*. Tahap Ketiga, melakukan proses ekstraksi ciri dengan *Hjorth Descriptor*. Tahap Keempat, melakukan proses klasifikasi dengan *JST Backpropagation*, agar bisa dilakukan identifikasi individu pada sinyal EEG. Tahap Kelima, dilakukan tahap pengujian untuk memperoleh tingkat akurasi yang baik untuk dalam biometrik.

4.3.1. Pre-Processing

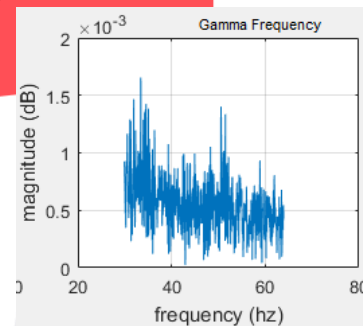
Proses ekstraksi ciri menggunakan *hjorth* untuk mendapatkan hasil dari 4 kanal sinyal *alpha* dan *gamma*. Band frekuensi *alpha* mempunyai rentang frekuensi 8-13Hz sedangkan *gamma* 20-40Hz. Parameter yang akan dianalisis ada 24 parameter terdiri dari 3 parameter *hjorth* untuk sinyal *alpha*, dan 3 parameter *hjorth* untuk sinyal *gamma*. Agar mendapatkan hasil signifikan dari band frekuensi, menggunakan filter *bandpass*.



Gambar 4.1 hasil dari normalisasi menggunakan metode *minmax*



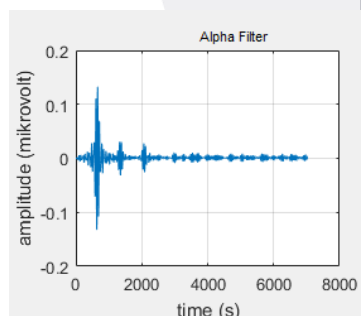
Gambar 4.2 Hasil dari sinyal *alpha* pada domain frekuensi



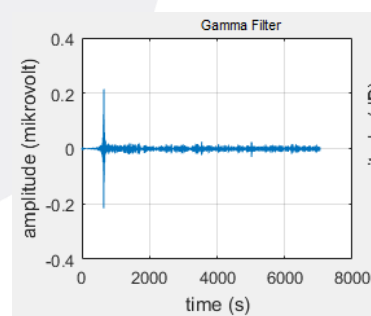
Gambar 4.3 Hasil dari sinyal *gamma* pada domain frekuensi

4.3.2. Ekstraksi Ciri dengan *Hjorth Descriptor*

Proses ekstraksi ciri pada penelitian kali ini menggunakan *hjorth* untuk mendapatkan hasil dari 4 kanal sinyal *alpha* dan *gamma*. Band frekuensi *alpha* mempunyai rentang frekuensi 8-13Hz sedangkan *gamma* 20-40Hz. Parameter yang akan dianalisis ada 24 parameter terdiri dari 3 parameter *hjorth* untuk sinyal *alpha*, dan 3 parameter *hjorth* untuk sinyal *gamma*. Agar mendapatkan hasil signifikan dari *band* frekuensi, menggunakan filter *bandpass*.



Gambar 4.4 Hasil dari *bandpass filter* sinyal *alpha*



Gambar 4.5 Hasil dari *bandpass filter* sinyal *gamma*

4.3.3. Klasifikasi dengan *JST Backpropagation*

Jaringan syaraf tiruan pada penelitian ini menggunakan metode *lavenberg marquardt*, metode ini terbukti mampu menyelesaikan permasalahan klasifikasi dengan baik. Pada penelitian ini menggunakan 2 *hidden layer* dengan rincian; *hidden layer* pertama memiliki 27 neuron, dan *hidden layer* kedua 15 neuron. Untuk *input layer* pada sistem ini memiliki 24 neuron sesuai dengan parameter *hjorth* yaitu (4 kanal x 2 sinyal *alpha* dan *gamma* x 3 parameter *hjorth*). Sedangkan untuk *output layer* memiliki 5 neuron yang merepresentasikan *database* orang (arian, fazlin, hendri, iriana dan siska). Jaringan syaraf tiruan pada penelitian ini menggunakan fungsi aktivasi *logsig* ($Y = \text{logsig } a$). Hasil *output* prediksi yang dikeluarkan oleh jaringan syaraf tiruan adalah angka 0 sampai dengan 1 untuk masing – masing neuron. Karena pada penelitian ini *output layer* memiliki 5 neuron maka nilai

terbesar yang menunjukkan identik atau dengan kata lain dipilih nilai yang paling maksimum dari ke lima neuron tersebut.

4.4. Skenario Pengujian Sistem

Skenario ini merupakan pengujian akurasi dengan merubah nilai *K* pada *K-Fold Cross Validation*. Pengujian ini menggunakan 5 nilai *K*, yaitu 1, 2, 3, 4, dan 5. Hasil prediksi yang benar merupakan nilai yang paling besar.

<i>k</i> = 1	prediksi					target					verifikasi
	No	arian	fazlin	hendri	iriana	siska					
1	0,794321	0,280251	0,003195	0,002686	0,005621	1	0	0	0	0	benar
2	0,004872	0,911844	0,006719	0,024695	0,001013	0	1	0	0	0	benar
3	0,001131	0,012021	0,964172	0,010193	0,017395	0	0	1	0	0	benar
4	0,000388	0,02258	0,027943	0,57223	0,030889	0	0	0	1	0	benar
5	0,003687	0,001273	0,030002	0,058214	0,901258	0	0	0	0	1	benar

Tabel 4.1 Hasil Pengujian *Cross Validation* dengan *k*=1

<i>k</i> = 2	prediksi					target					verifikasi
	no	arian	fazlin	hendri	iriana	siska					
1	0,669356	0,009845	0,002412	0,012747	0,159461	1	0	0	0	0	benar
2	0,004653	0,97057	0,023085	0,020647	4,35E-05	0	1	0	0	0	benar
3	0,002299	0,006891	0,849282	0,070637	0,028377	0	0	1	0	0	benar
4	0,000806	0,115764	0,002377	0,751967	0,005555	0	0	0	1	0	benar
5	0,005657	0,014359	0,00451	0,018292	0,889996	0	0	0	0	1	benar

Tabel 4.2 Hasil Pengujian *Cross Validation* dengan *k*=2

<i>k</i> = 3	prediksi					target					verifikasi
	no	arian	fazlin	hendri	iriana	siska					
1	0,897567	0,006043	0,006901	0,007989	0,057319	1	0	0	0	0	benar
2	0,081474	0,053821	0,007246	0,011454	0,343981	0	1	0	0	0	salah
3	0,00848	0,048788	0,274229	0,035508	0,016403	0	0	1	0	0	benar
4	0,001097	0,094619	0,013956	0,60417	0,004994	0	0	0	1	0	benar
5	0,015704	0,002707	0,011898	0,012063	0,948812	0	0	0	0	1	benar

Tabel 4.3 Hasil Pengujian *Cross Validation* dengan *k*=3

<i>k</i> = 4	prediksi					target					verifikasi
	no	arian	fazlin	hendri	iriana	siska					
1	0,897176	0,072528	0,00482	0,004144	0,008131	1	0	0	0	0	benar
2	0,003473	0,847668	0,025927	0,020006	0,001429	0	1	0	0	0	benar
3	0,002933	0,009119	0,902796	0,057183	0,019797	0	0	1	0	0	benar
4	0,001227	0,240475	0,002406	0,642578	0,003572	0	0	0	1	0	benar
5	0,001976	0,002334	0,033477	0,075041	0,78102	0	0	0	0	1	benar

Tabel 4.4 Hasil Pengujian *Cross Validation* dengan *k* = 4

<i>k</i> = 5	prediksi					target					verifikasi
	no	arian	fazlin	hendri	iriana	siska					
1	0,923271	0,017117	0,004397	0,005358	0,021754	1	0	0	0	0	benar
2	0,005209	0,900794	0,005374	0,036274	0,000322	0	1	0	0	0	benar
3	0,026423	0,296259	0,067578	0,001838	0,066952	0	0	1	0	0	salah
4	0,019638	0,011597	0,289123	0,018121	0,11004	0	0	0	1	0	salah

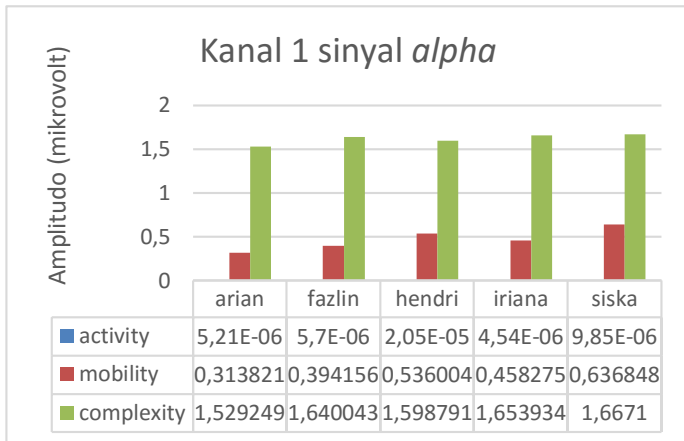
5	0,007499	0,004497	0,010351	0,007115	0,974286	0	0	0	0	1	benar
---	----------	----------	----------	----------	----------	---	---	---	---	---	-------

Tabel 4.5 Hasil Pengujian *Cross Validation* dengan $k = 5$

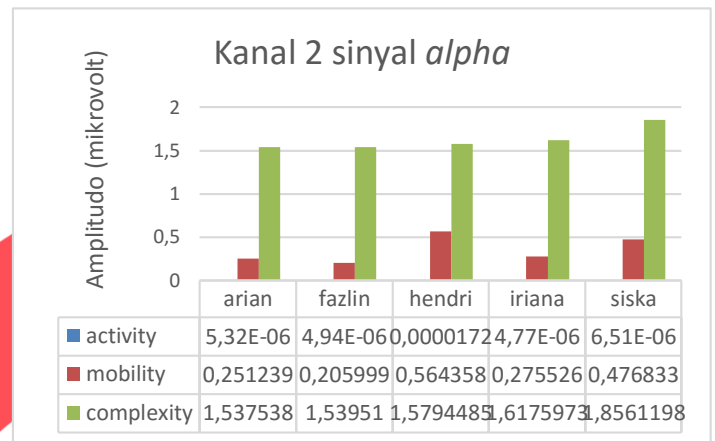
Dapat dilihat dari tabel, nilai akurasi untuk $k=1$, $k=2$ dan $k=4$ mencapai akurasi 100%, hal ini dilihat dari jumlah verifikasi dari hasil prediksi yang benar berjumlah 5. Sedangkan untuk $k=2$ mencapai 80% dengan verifikasi yang benar berjumlah 4. Untuk $k=5$ mendapatkan akurasi paling kecil yaitu sebesar 60% dengan verifikasi yang benar berjumlah 3. Untuk akurasi rata-rata mencapai 88% yang mana merupakan besar akurasi yang baik untuk biometrik.

4.5. Analisis Sistem

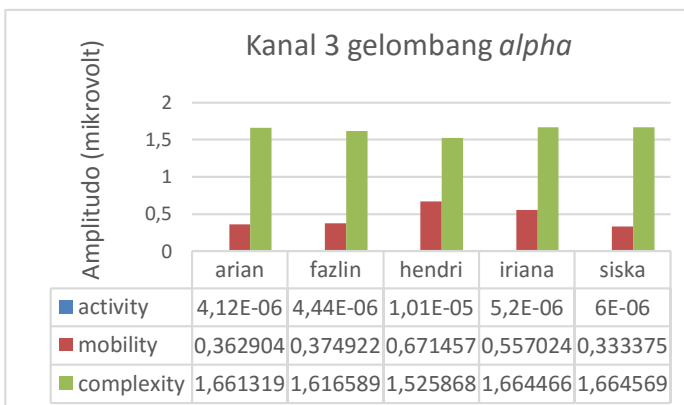
4.5.1. Analisis Perbandingan Nilai Parameter pada sinyal *Alpha* pada 4 kanal



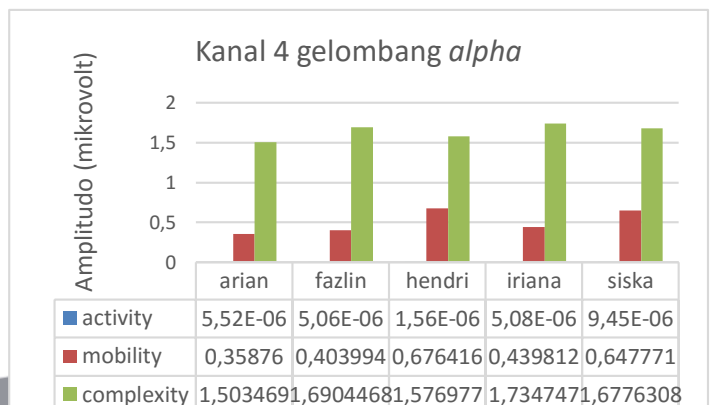
Gambar 4.1 Grafik perbandingan parameter pada kanal 1 sinyal *Alpha*



Gambar 4.2 Grafik perbandingan parameter pada kanal 2 sinyal *Alpha*



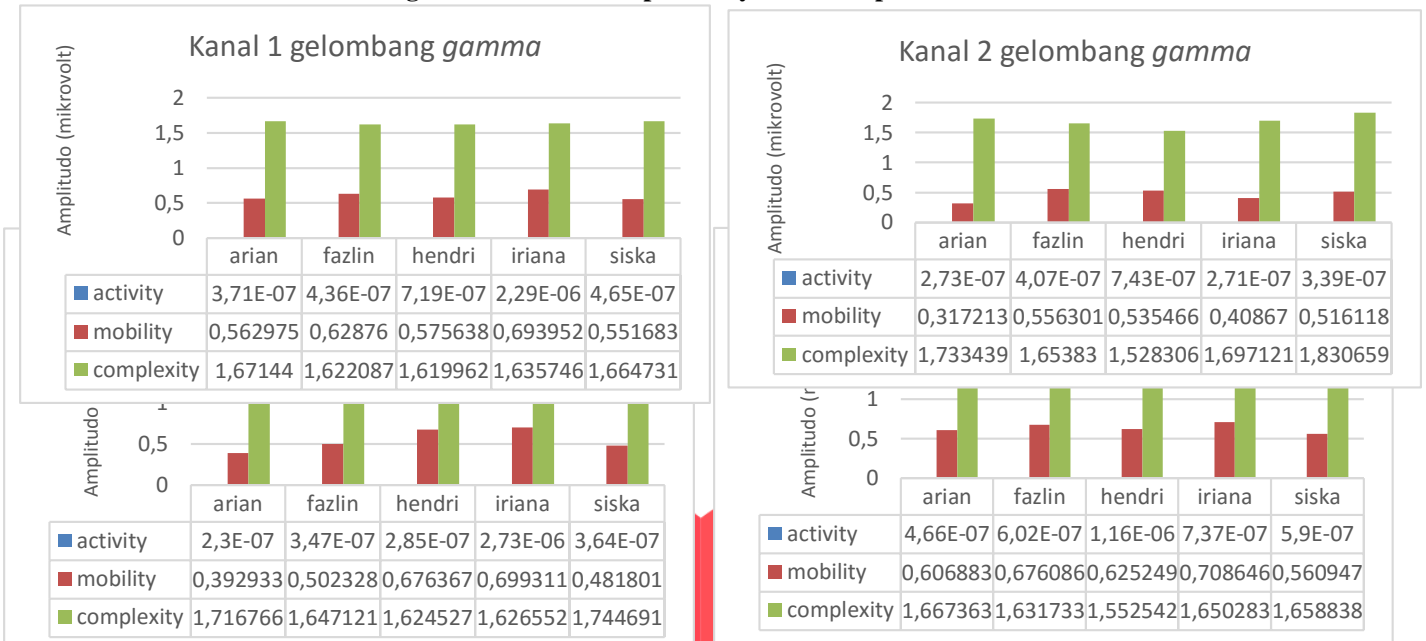
Gambar 4.3 Grafik perbandingan parameter pada kanal 3 sinyal *Alpha*



Gambar 4.4 Grafik perbandingan parameter pada kanal 4 sinyal *Alpha*

Dapat dilihat pada grafik, nilai parameter paling tinggi berada di kanal 2 dengan nilai parameter 1.856 dengan partisipan atas nama siska, sedangkan nilai parameter paling rendah berada di kanal 4 dengan partisipan atas nama arian sebesar 0.35876.

4.5.2. Analisis Perbandingan Nilai Parameter pada sinyal *Gamma* pada 4 kanal



Gambar 4.8 Grafik perbandingan parameter pada kanal 3 sinyal *Gamma*

Gambar 4.5.2 (d) Grafik perbandingan parameter pada kanal 4 sinyal *Gamma*

Dapat dilihat pada grafik, nilai parameter paling tinggi berada di kanal 2 dengan nilai parameter 1.830 dengan partisipan atas nama siska, sedangkan nilai parameter paling rendah berada di kanal 4 dengan partisipan atas nama hendri sebesar 0.625249. Nilai ekstraksi pada tiap parameter *Hjorth* setiap orangnya memiliki nilai *activity*, *mobility*, dan *complexity* yang berbeda, oleh sebab itu karena sifatnya yang kompleks sehingga tidak cukup jika klasifikasi yang digunakan dengan menghitung selisih seperti pada *euclidean distance*. Pada penelitian ini JST digunakan untuk identifikasi biometrik pada 5 orang peserta.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada sistem identifikasi biometrik pada tugas akhir ini, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem ini mampu mengidentifikasi biometrik menggunakan metode ekstraksi *Hjorth* dengan klasifikasi JST *backpropagation*.
2. Metode ekstraksi *Hjorth* dapat digunakan untuk mengekstraksi sinyal EEG.
3. Akurasi terbesar didapatkan saat menggunakan parameter pada *Cross Validation* dengan $k=1$, $k=2$ dan $k=4$ dengan masing-masing akurasi mencapai 100%.
4. Setiap data uji mempunyai kemiripan dengan data latih, dengan rata-rata akurasi mencapai 88%.

Daftar Pustaka:

- [1] Satria Bagus Pamungkas.2013. "Jaringan Saraf Tiruan Pada Biometrika Deteksi Citra Garis Telapak Tangan Dengan Metode Backpropagation". Fakultas Ilmu Komputer. Universitas Dian Nuswantoro, Semarang.
- [2] Nur Rakhmad Setiawan, Noor Akhmad Setiawan, Hanung Adi Nugroho "Klasifikasi Gelombang Otak Untuk Keamanan Menggunakan Metode Voting Features Interval 5 dan Dua-Tahap Otentikasi Biometrik, ". Vol 3, No 1 (2015): Semnasteknomedia 2015.
- [3] Adriani Rizka Amalia.2018. "Analisis Pengaruh Rangsangan Audio Terhadap Kualitas Tidur Berdasarkan Gelombang EEG". Fakultas Teknik Elektro. Telkom University.
- [4] Brilliant Hadi Akbar.2017. "Analisis Kondisi Rileks Ketika Mendengarkan Bacaan Al-Qur'an Berdasarkan Sinyal Afa Beta EEG". Fakultas Teknik Elektro. Telkom University.

- [5] Dewanto Meilano Ega Utama.2017. "Analisis Perbandingan Pola Sinyal Delta dan Theta EEG Brainwave untuk Klasifikasi Kondisi Rileks pada Perokok Aktif menggunakan Support Vector Machine ". Fakultas Teknik Elektro. Telkom University.
- [6] Raden Dhenake Aghni Bunga Irawan.2017. "Analisis Kondisi Pola Sinyal Alfa dan Gama EEG Brainwave Saat Penggunaan Gawai Dengan Kondisi Sinyal 4G Dengan Metode Backpropagation". Teknik Elektro. Telkom University.
- [7] Puneet Mishra, Sunil Kumar Singla.2014. "Electroencephalogram Based Biometric Framework Using Time and Frequency Domain Features". Vol. 4, 593–599. *Journal of Medical Imaging and Health Informatics*.
- [8] Mohamad Irfan, Wahyu Caesarendra, Mochammad Ariyanto.2016. "Studi Klasifikasi Tujuh Gerakan Tangan Sinyal Electromyography (EMG) Menggunakan Metode Pattern Recognition". Jurusan Teknik Mesin. Universitas Diponegoro.
- [9] Yopi Andry Lesnussa, Lexy Janzen Sinay, Mus Rika Idah. "Aplikasi Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation untuk Penyebaran Penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) di Kota Ambon". Vol. 13, No. 2 (2017), pp. 63–72. *Jurnal Matematika Integratif*.
- [10] Dahriani Hakim Tanjung.2015. "Jaringan Saraf Tiruan dengan Backpropagation untuk Memprediksi Penyakit Asma". Universitas Amikom.
- [11] Widagda I.2012. "Jaringan Syaraf Tiruan" October 20, 2015, dari <https://igawidagda.files.wordpress.com/2012/02/diktat-jst.pdf>.
- [12] Ahmad Hilmi.2017. "Analisis Perbandingan Pola Sinyal Alfa dan Beta EEG Untuk Klasifikasi Kondisi Rileks Pada Perokok Aktif Dengan Menggunakan K-Nearest Neighbor". Teknik Telekomunikasi, Telkom University
- [14] Harshit, Rajbir Singh, Kavitha P Thomas, Smitha K. G., A. P. Vinod.2016. "Online Electroencephalogram (EEG) based Biometric Authentication using Visual and Audio Stimuli". *IEEE EMBS Conference on Biomedical Engineering and Sciences (IECBES)*.
- [15] Yogendra Kumar Jain, Santosh Kumar Bhandare.2011. "Min Max Normalization Based Data Perturbation Method for Privacy Protection". *Computer Science & Engineering. Samrat Ashok Technological Institute*.
- [16] Arif Surtoto, Thomas Sri Widodo, Maesadji Tjokronagoro. "Analisis Klasifikasi Sinyal EKG Berbasis Wavelet dan Jaringan Saraf Tiruan". *JNTETI*, Vol. 1, No. 3, November 2012