

## ANALISA KOMPOSISI KANAL AKTIF PADA SINYAL EEG STROKE MENGUNAKAN METODE *SPATIAL SELECTION*

### *THE ANALYSIS OF ACTIVE CHANNEL COMPOSITION ON EEG STROKE SIGNAL USING SPATIAL SELECTION METHOD*

Muhamad Fulki Firdaus<sup>1</sup>, Hilman Fauzi<sup>2</sup>, Yunendah Nur Fuadah<sup>3</sup>

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

<sup>1</sup>fulkiparadise@student.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>hilmanfauzitp@telkomuniversity.ac.id,

<sup>3</sup>yunendah@telkomuniversity.ac.id

---

#### Abstrak

Stroke adalah salah satu penyakit selebrovaskular yang disebabkan oleh obstruksi aliran darah ke otak. Stroke menjadi salah satu penyebab kematian terbesar di Indonesia, menurut data South East Asian Medical Information Center (SEAMIC) diketahui bahwa angka kematian stroke terbesar terjadi di Indonesia yang kemudian diikuti berurutan oleh Filipina, Singapura, Brunei, Malaysia, dan Thailand. Terdapat beberapa alat untuk mendiagnosis penyakit stroke, salah satunya adalah Elektroensepalograf (EEG).

EEG merupakan alat yang dapat digunakan untuk merekam aktivitas elektron pada otak manusia yang diletakkan di kulit kepala manusia. Diantara sistem BCI lainnya EEG merupakan salah satu alat yang lebih banyak digunakan, karena harganya yang lebih murah, mudah digunakan dan resolusi temporal yang tinggi dibandingkan dengan alat lainnya seperti fMRI dan fNIRS. Namun, kinerja sinyal dalam EEG akan menurun jika menggunakan kanal dengan jumlah besar. Selain itu, dapat menghabiskan waktu persiapan yang cukup panjang yang akan mempengaruhi kenyamanan dalam penggunaan EEG. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini akan mengolah sinyal EEG stroke menggunakan metode *spatial selection*. Dalam *spatial selection* terdapat dua metode energi seleksi yang digunakan yaitu *manual selection* dan *automatic selection*, serta menggunakan fitur ekstraksi Power Spectral Density (PSD) dan klasifikasi Extreme Learning Machine (ELM) untuk memfilter dataset menjadi ukuran yang lebih optimal dan mendapatkan hasil komposisi kanal aktif yang relevan.

Hasil menunjukkan bahwa metode *spatial selection* baik *manual* maupun *automatic selection* dapat meningkatkan akurasi hingga 15% dari data normal dengan akurasi tertinggi 0,84 yang dicapai saat menggunakan metode perhitungan *l2-norm*. Metode perhitungan energi *l2-norm* mendapatkan hasil yang lebih baik dibandingkan metode perhitungan lainnya. Metode inipun dapat menyeleksi kanal aktif yang relevan dengan sinyal EEG stroke.

**Kata Kunci:** Stroke, Elektroensepalograf (EEG), Seleksi Kanal, *Spatial Selection*

---

#### Abstract

Stroke is one of the cerebrovascular disease caused by obstruction of blood flow to the brain. Stroke is one of the biggest causes of death in Indonesia, according to South East Asian Medical Information Center (SEAMIC) data, it is known that the biggest stroke mortality rate occurred in Indonesia which was followed by the Philippines, Singapore, Brunei, Malaysia, and Thailand respectively. There are several tools to diagnose stroke, one of which is Electroencephalogram (EEG).

EEG is a tool that can be used to record the activity of electrons in the human brain that are placed on the human scalp. Among other BCI systems EEG is one of the more widely used tools, because the price is cheaper, easy to use and high temporal resolution compared to other tools such as fMRI and fNIRS. However, the signal performance in EEG will decrease if using a channel with a large amount. In addition, a large number of channels can spend a considerable preparation time that will affect the convenience of using EEG. Based on the issue, this research will process the stroke EEG signals using the spatial selection method using the Power Spectral Density (PSD) extraction feature and the Extreme Learning Machine (ELM) Classification to filter the dataset to a more optimal size and obtain the relevant active channel composition results.

Results showed that the spatial selection method both manual and automatic selection can increase the accuracy of up to 15% of normal data with the highest accuracy of 0.84 achieved when using L2-norm calculation method. The L2-norm energy calculation method gets better results than other calculation methods. The program method can select the relevant active channel with the stroke EEG signal.

**Keywords:** Stroke, electroencephalograph (EEG), channel selection, *Spatial Selection*

---

## 1. Pendahuluan

Stroke atau yang dikenal juga dengan istilah gangguan peredaran darah otak (GPDO), merupakan suatu sindrom yang diakibatkan oleh adanya gangguan aliran darah pada salah satu bagian otak yang menimbulkan gangguan fungsional otak berupa *defisit neurologic* atau kelumpuhan saraf [1][2]. Menurut data South East Asian Medical Information Center (SEAMIC) diketahui bahwa angka kematian stroke terbesar terjadi di Indonesia yang kemudian diikuti berurutan oleh Filipina, Singapura, Brunei, Malaysia, dan Thailand. Dari seluruh penderita stroke di Indonesia, *stroke ischemic* merupakan jenis yang paling banyak di derita yaitu sebesar 52,9% diikuti secara berurutan oleh pendarahan intraserebral, emboli dan pendarahan subaraknoid dengan angka kejadian masing-masing sebesar 38,5%, 7,2% dan 1,4% [3]. Saat ini, terdapat beberapa alat untuk mendiagnosis penyakit stroke. Diantaranya adalah Scan Computed Tomography (CT), Magnetic Resonance Imaging (MRI), Transthoracic Echocardiogram (TTE) dan Elektroensefalografi (EEG). Namun, metode yang paling banyak digunakan saat ini adalah EEG, karena mudah untuk digunakan dan memiliki harga yang lebih murah dibandingkan alat lainnya [4].

Elektroensefalografi (EEG) adalah alat pengamatan elektrofisiologis untuk merekam aktifitas listrik dari otak. Brain Computer Interface (BCI) merupakan teknologi yang memanfaatkan EEG untuk melakukan kontrol atau komunikasi dengan suatu perangkat luar. EEG merupakan alat yang dapat merekam sinyal otak yang diperoleh dengan metode *non-invasive*, sehingga lebih aman bagi pengguna karena tidak memerlukan adanya pembedahan pada otak [5]. Untuk mencapai kinerja yang baik, sebagian besar EEG membutuhkan sinyal dari berbagai titik di kulit kepala. Namun, menggunakan kanal dengan jumlah yang besar akan menurunkan kinerja sinyal dalam EEG [6]. Selain itu, menggunakan kanal dengan jumlah besar dapat menghabiskan persiapan waktu yang cukup panjang yang akan mempengaruhi kenyamanan dalam penggunaan EEG. Oleh karena itu, pemilihan kanal dengan jumlah yang sedikit dan tepat akan memberikan hasil yang lebih baik dan ketepatan sesi berikutnya yang dapat menyeimbangkan antara kebutuhan kinerja dan kenyamanan [7]. Pada penelitian sebelumnya [8], telah dilakukan pengolahan sinyal EEG stroke menggunakan metode BSI HHT untuk mendeteksi pola pada sinyal stroke. Penelitian tersebut menggunakan Brain Symmetry Index (BSI) dengan analisis spektrum yang dihasilkan Hilbert Huang Transform (HHT). Namun penelitian tersebut tidak membahas spesifik tentang teknik seleksi kanal pada sinyal EEG stroke.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian kali ini melakukan optimasi sistem untuk sinyal EEG stroke dan melihat komposisi kanal aktif dengan pendekatan seleksi kanal menggunakan metode *spatial selection* dengan beberapa metode perhitungan energi dan seleksi. Menggunakan fitur ekstraksi perhitungan Power Spectral Density (PSD) dan klasifikasi Ekstreme Learning Machine (ELM). Melalui rancangan ini, dapat mengetahui area kanal aktif pada sinyal EEG dan meningkatkan akurasi sistem.

## 2. Dasar Teori dan Metodologi

### 2.1 Stroke

Stroke atau yang dikenal juga dengan istilah Gangguan Peredaran Darah Otak (GPDO), merupakan suatu sindrom yang diakibatkan oleh adanya gangguan aliran darah pada salah satu bagian otak yang menimbulkan gangguan fungsional otak berupa *defisit neurologic* atau kelumpuhan saraf [1]. Stroke merupakan kondisi ketika pasokan darah ke otak terganggu akibat penyumbatan atau pecahnya pembuluh darah. Stroke tidak hanya menjadi penyakit yang dapat menyebabkan kelumpuhan, namun juga mental penderita [7]. Terdapat beberapa alat untuk mendiagnosis penyakit stroke, salah satu alat yang lebih sering digunakan adalah *Electronchepalogram* (EEG).

### 2.2 Electroencephalogram (EEG)

*Electronchepalography* (EEG) adalah perangkat yang digunakan untuk merekam aktivitas listrik pada otak manusia dengan menempatkan EEG pada kulit kepala. EEG merupakan salah satu *device* yang dilakukan dengan metode *non-invasive*. EEG dapat digunakan pada penderita kelainan neurologi yang akan menunjukkan perubahan gelombang dari gelombang dasarnya, sehingga dapat menentukan bagian otak yang sedang terganggu aktivitas listriknya [8]. EEG merupakan salah satu alat dalam BCI yang lebih banyak digunakan, karena harganya yang lebih murah, mudah digunakan dan resolusi temporal yang tinggi dibandingkan dengan metode lainnya seperti fMRI, fNIRS dsb [5]

Pada penelitian ini *data set* didapat dari Hospital University Kebangsaan Malaysia (HUKM). Dataset berisikan informasi sinyal EEG stroke sebanyak 8 subjek. Terdapat data pasien stroke dan sehat pada setiap datasetnya.

### 2.3 Seleksi Kanal

Seleksi kanal dalam EEG adalah teknik untuk memilih subset kanal yang optimal tanpa mengurangi akurasi klasifikasi [8]. pada [9] teknik evaluasi untuk estimasi parameter pada seleksi kanal terbagi menjadi dua teknik yaitu seleksi manual dan seleksi otomatis. Seleksi manual mirip dengan metode *wrapper* yang telah diperkenalkan dalam beberapa literatur lain yang menggunakan algoritma klasifikasi untuk mengevaluasi subset kanal. Metode ini relatif mudah untuk dilakukan, namun membutuhkan waktu pemrosesan yang cukup lama. Sedangkan seleksi otomatis menciptakan kriteria saluran yang dipilih tanpa melibatkan proses klasifikasi ketika menentukan kriteria *threshold*. Dalam penelitian sebelumnya, teknik ini dilakukan dengan menggunakan algoritma pencarian.

## 2.4. Spatial Selection

*Spatial selection* diperkenalkan sebagai teknik channel selection. Metode *spatial selection* pada dasarnya adalah proses normalisasi data dalam sinyal EEG dan melibatkan perhitungan energi. *Spatial selection* terutama terdiri dari dua proses yaitu *energy extraction* dan *energy selection*. *Spatial selection* terdiri dari dua proses yaitu *energy extraction* dan *energy selection*. Dalam *energy extraction* terdapat tiga metode perhitungan energi yang dianalisis yaitu *l2-norm*, *leverage score* dan *Z-Score*. Dalam *energy extraction*, rata-rata *energy channel* sudah dihitung. Proses ini dilakukan dengan menghitung pentingnya setiap kanal dalam matriks pada suatu dataset. Sementara itu, dalam *energy selection*, terdapat dua metode yang diterapkan, yaitu pemilihan *manual* dan *automatic* [10].

### 2.4.1 Energy Extraction

Pada penelitian ini pada *energy extraction* menggunakan metode *l2-norm* yang didefinisikan oleh Persamaan (1).

$$p_j = \frac{\sum_{i=1}^m A(i,j)^2}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n A(i,j)^2} \quad (1)$$

$p$  adalah nilai energi,  $i$  adalah waktu dan  $j$  adalah kanal. Selanjutnya,  $A$  adalah matriks data, dan  $m$  dan  $n$  adalah jumlah masing-masing waktu dan kanal.

Pada metode *leverage score* dapat didefinisikan oleh persamaan (2).

$$P_j = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k A(i,j)^2 \quad (2)$$

$p$  adalah nilai energi,  $i$  adalah baris dan  $j$  adalah kolom. Selanjutnya,  $A$  adalah matriks data, dan  $k$  adalah jumlah baris dan kolom

Dan untuk metode *z-score* dapat didefinisikan oleh persamaan (2.3)

$$P_j = \frac{A(i,j)^2 - \mu}{\sigma} \quad (3)$$

dimana  $p$  merupakan nilai energi,  $i$  merupakan baris dan  $j$  merupakan kolom.  $A$  adalah matriks dari data.

### 2.4.2 Energy Selection

Proses terpenting dari *spatial selection* untuk pemilihan kanal adalah *energy selection*. Pada proses ini, salah satu kanal pilihan yang menggunakan proses *energy extraction* akan dipilih menggunakan definisi kriteria. Berdasarkan dari metode *energy selection*, *spatial selection* terbagi menjadi manual dan *automatic spatial selection* [11].

#### 2.4.2.1 Manual Spatial Selection

Proses terpenting pada penggunaan *spatial selection* untuk seleksi kanal adalah menentukan energi kanal. Pada proses ini, kanal presentatif dipilih menggunakan beberapa metode seleksi energi. Secara umum, pada seleksi manual, kanal energi dihitung dan disortir pada penurunan orde. Kemudian, kombinasi kanal aktif akan dipilih secara berurutan oleh peringkat pada nomor kanal. Akurasi metode ini mengacu pada seleksi kanal representatif. Kombinasi kanal yang telah dipilih berdasarkan metode akurasi yang terbaik akan mengikuti nomor kanal pada peringkat [11].

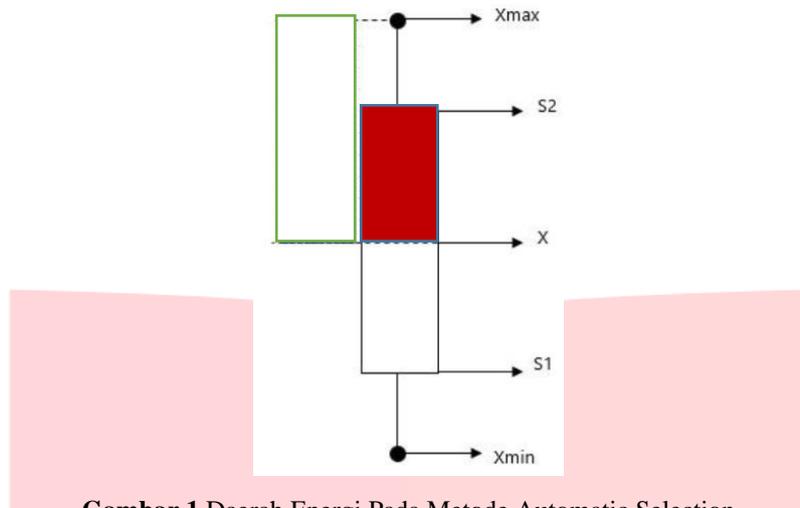
#### 2.4.2.2 Automatic Spatial Selection

Pada metode *automatic spatial selection*, ambang energi ditentukan untuk memilih kanal EEG yang utama. Pada proses ini, gabungan dari kanal energi dibagi oleh batasan nilai energi berdasarkan pembagian daerah. *automatic spatial selection* dibagi menjadi empat wilayah, yaitu: (1) *mean*, (2) *high mean*, (3) *box*, dan (4) *high in box*. Daerah energi dibagi oleh beberapa nilai diantaranya adalah  $\bar{x}$ ,  $x_{min}$ ,  $x_{max}$  dan  $S_1$ ,  $S_2$ . Dimana  $x$  dilambangkan sebagai nilai energi kanal, yang di mana  $\bar{x}$  sebagai rata-rata energi dari semua kanal.  $x_{min}$  dan  $x_{max}$  direpresentasikan sebagai energi ekstrim maksimum dan minimum nilai kanal dari masing-masing nilai  $x$  [12]. Sementara itu,  $S_1$  dan  $S_2$  merupakan batas dari nilai energi, yang dapat didefinisikan dengan persamaan:

$$S_1 = \frac{\bar{x} - x_{min}}{2} \quad (4)$$

$$S_2 = \frac{x_{max} - \bar{x}}{2} \quad (5)$$

Semua data energi kanal tersebar menjadi empat daerah yang didefinisikan sebagai representasi kanal imajinasi gerak [13]. Berikut ilustrasi daerah untuk seleksi kanal yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 1:



Gambar 1 Daerah Energi Pada Metode Automatic Selection

**2.5. Power Spectral Density (PSD)**

PSD merupakan respon frekuensi dari sebuah sinyal dengan isolasi periodik yang menunjukkan distribusi daya rata-rata sebagai fungsi frekuensi. Perhitungan menggunakan PSD memungkinkan untuk terjadinya pengamatan akan penyebaran daya dari sebuah signal dalam domain frekuensi. Perhitungan PSD untuk mengekstraksi ciri dari sinyal emosi EEG dilakukan dengan pendekatan *Welch* [14].

Perhitungan dimulai dengan melakukan segmentasi sepanjang *L* pada masing-masing *band* frekuensi dengan jumlah segmen sebesar *K*. Lalu dilakukan perhitungan *modified periodogram* ( $I_k(f_n)$ ) pada setiap segmen dengan persamaan 2.6

$$I_k(f_n) = \frac{L}{U} | A_k(n) |^2 ; k = 1,2,3, \dots, K \tag{6}$$

Dimana,

$$f_n = \frac{n}{L} ; n=0, \dots, L/2 \tag{7}$$

$$U = \frac{1}{L} \sum_{j=0}^{L-1} W^2(j) \tag{8}$$

Dan,

$$A_k(n) = \frac{1}{L} \sum_{j=0}^{L-1} X_k(j) W(j) e^{-2k j n / L} \tag{9}$$

$W(j)$  merupakan *window* data dan  $A_k(n)$  merupakan *finite Fourier transform*. Setelah memperoleh  $I_k(f_n)$ , langkah selanjutnya adalah menghitung *modified periodogram* yang dirata-ratakan dengan persamaan 2.10.

$$P(f_n) = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K I_k(f_n) \tag{10}$$

Dimana  $I_k(f_n)$  merupakan *modified periodogram* dari setiap segmen dan *K*

**2.7 Tahap kalsifikasi dengan k-NN**

ELM adalah jaringan saraf *feed-forward* dengan satu lapisan tersembunyi. ELM memanfaatkan konsep *Pseudoinverse Moore Penrose* yang menggunakan matriks terbalik dalam proses percobaan. Algoritma ini digunakan karena data EEG tidak mudah dibaca dan dimengerti oleh mata manusia, selain itu data EEG cukup kompleks untuk diperiksa [10]. Yang dapat didefinisikan pada Persamaan 2.12.

$$H\beta = T, \tag{11}$$

Dimana

$$H(w_1, \dots, w_N, b_1, \dots, b_N, x_1, \dots, x_N) = \begin{bmatrix} g(w_1 x_1 + b_1) & \dots & g(w_N x_1 + b_N) \\ \vdots & \dots & \vdots \\ g(w_1 x_N + b_1) & \dots & g(w_N x_N + b_N) \end{bmatrix}_{N \times N} \tag{12}$$

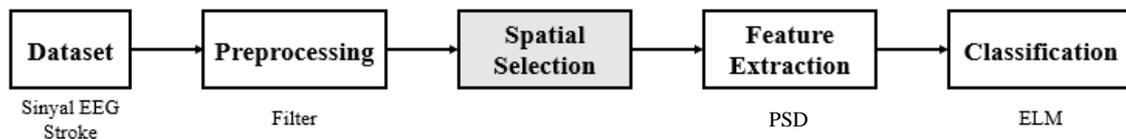
$$\beta = \begin{bmatrix} \beta_1^T \\ \vdots \\ \beta_N^T \end{bmatrix}_{N \times m}, \text{ and } T = \begin{bmatrix} t_1^T \\ \vdots \\ t_N^T \end{bmatrix}_{N \times m} \tag{13}$$

H adalah lapisan tersembunyi dari matriks output jaringan saraf, dan kolom H adalah hasil dari saraf tersembunyi sehubungan dengan input  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$

Konsep utama ELM adalah inisialisasi acak node SLFN tersembunyi (termasuk internal bobot dan bias. Satu-satunya parameter yang perlu dipelajari adalah sambungan (bobot) antara lapisan tersembunyi dan lapisan *output*, jika fungsi aktivasi tidak terbatas dapat dibedakan keluaran matriks lapisan tersembunyi dapat ditentukan dan akan memberikan perkiraan target nilai sebagai yang diinginkan [15].

## 2.8 Desain Sistem

### 2.8.1 Diagram Blok



**Gambar 2** Diagram kerangka kerja

Tahapan sistem perancangan tersebut akan dilakukan secara bertahap. Sistem dimulai saat data sinyal EEG stroke didapat dan diproses dengan adanya metode *spatial selection* pada saat sebelum tahap ekstraksi ciri dan tahap klasifikasi. Hasil akhir akan di analisis untuk menghasilkan kesimpulan dan mengukur performansi pada penelitian ini.

### 2.8.2 Data Set

Penelitian kali ini menggunakan 8 data pasien stroke dan data sehat yang terdapat pada setiap dataset. Data tersebut didapat dari Hospital Universiti Kebangsaan Malaysia (HUKM). Data EEG direkam menggunakan BR32i yang terdiri dari 32 saluran (FP1, FP2, AF3, AF4, F7, F3, FZ, F4, F8, FT7, FC3, FCZ, FC4, FT8, T7, C3, CZ, T8, TP7, CP3, CPZ, CP4, TP8, P7, P3, PZ, P4, P8, O1, OZ dan O2) seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.3, sesuai dengan sistem internasional 10-20 pada referensi dan *ground* dengan laju pengambilan sampel yang disesuaikan dari 256 Hz dan 50 Hz atau filter takik dengan perangkat itu sendiri.

### 2.9 Evaluasi Kinerja

Pada penelitian ini terdapat dua parameter pengujian untuk evaluasi kinerja sistem, pertama adalah tentang *Channel Mapping* dimana metode *energy extraction* mengevaluasi *channel mapping* untuk seleksi kanal apakah metode pemetaan ini bekerja pada seleksi kanal dari dataset setiap subjectnya. Dilakukan dengan Microsoft word secara manual. Oleh karena itu dibutuhkan seleksi kanal yang tepat untuk mengetahui area yang relevan dengan sinyal EEG stroke.

untuk parameter kedua akan mengeluarkan hasil dari akurasi pada setiap percobaan yang akan dilakukan pada penelitian ini yang diharapkan akan meningkatkan nilai akurasi pada sistem yang dibuat, dengan persamaan perhitungan akurasi sebagai berikut:

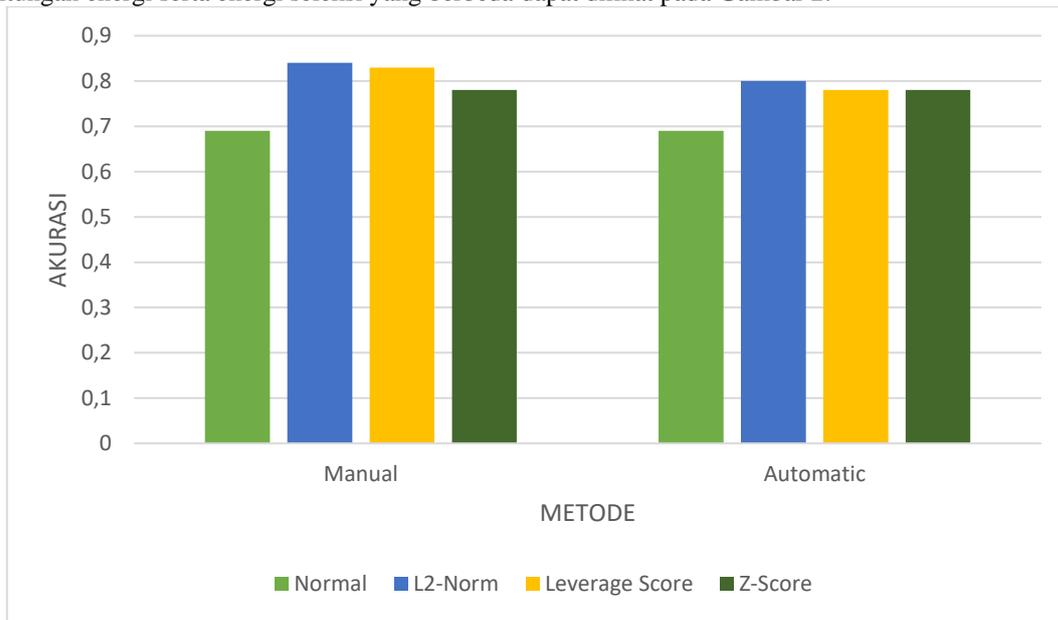
$$Akurasi = \frac{\sum \text{jumlah Data benar}}{\sum \text{jumlah Data}} \quad (8)$$

## 3. Pembahasan

### 3.1 Hasil Pengujian

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini untuk menguji performansi terhadap hasil akurasi pada dataset sinyal EEG stroke menggunakan metode *spatial selection* dengan metode perhitungan *l2-norm*, *leverage score*, dan *z-score*. Serta menggunakan energi seleksi *manual* dan *automatic selection*. Hasil akurasi menggunakan metode-metode tersebut akan dibandingkan dengan dataset tanpa melalui proses *spatial selection*. Selanjutnya dilakukan fitur ekstraksi menggunakan perhitungan Power Spectral Density (PSD) dan hasil akurasi

menggunakan metode Extreme Learning Machine (ELM). Perbandingan nilai akurasi dengan menggunakan perhitungan energi serta energi seleksi yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 3. Grafik Hasil Akurasi Metode Manual Selection dan Automatic Selection

### 3.2 Seleksi Kanal

Seleksi kanal merupakan percobaan untuk memfilter dataset menjadi ukuran yang lebih optimal dengan cara menghilangkan kanal-kanal yang tidak relevan dengan sinyal EEG yang diinginkan yang didefinisikan sebagai kanal *noise* dataset. Pada penelitian ini, seleksi kanal menggunakan hasil akurasi tertinggi dari setiap metode energi seleksi yang digunakan dengan melihat komposisi kanal yang relevan antara dataset sehat dan dataset pasien stroke. Pengujian ini menggunakan parameter *channel mapping*, yang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Pemetaan kanal seluruh subjek

Metode Energy Selection	Normal	Sehat	Stroke
Manual			
Automatic			

### 3.3 Analisis Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian dari seluruh percobaan, hasil yang diperoleh dataset normal tanpa melalui proses *spatial selection* dan dataset yang diproses menggunakan *spatial selection* menunjukkan perbedaan yang sangat jelas. Hal ini disebabkan *spatial selection* berperan sebagai filter kanal yang memilih kanal-kanal tertentu berdasarkan energinya, sehingga akan memproses kanal dengan energi tinggi dan mengabaikan kanal yang tidak diperlukan. Dari dua metode *energy selection* yang digunakan, yaitu *automatic selection* dan *manual selection* keduanya menunjukkan peningkatan akurasi hampir pada setiap subjek dan metode perhitungan energi. Adapun beberapa penurunan akurasi disebabkan pola sinyal EEG yang berbeda-beda pada setiap subjek, walaupun saat pengambilan data diperintahkan untuk melakukan instruksi yang sama.

Pada percobaan menggunakan *manual selection*, hasil akurasi tertinggi terdapat pada metode perhitungan energi  $l_2$ -norm dengan nilai akurasi 0,84 dan peningkatan akurasi sebesar 15% dibandingkan dengan data normal. Sedangkan pada metode perhitungan energi lainnya yaitu *leverage score* dan *z-score* secara berurutan mendapatkan hasil akurasi sebesar 0,83 dan 0,78.

Pada percobaan menggunakan *automatic selection*, hasil akurasi tertinggi juga terdapat pada metode perhitungan energi  $l_2$ -norm dengan nilai akurasi 0,8 dan peningkatan akurasi sebesar 11% dibandingkan dengan data normal. Sedangkan pada metode perhitungan energi lainnya yaitu *leverage score* dan *z-score* keduanya mendapatkan hasil akurasi sebesar 0,78 dan.

Hasil yang didapat pada penelitian kali ini, menunjukkan bahwa metode perhitungan energi  $l_2$ -norm pada proses energi ekstraksi mendapatkan hasil yang lebih baik pada kedua metode selection yang digunakan, dibandingkan dengan metode perhitungan energi lainnya yaitu *leverage score* dan *z-score*.

Berdasarkan hasil yang didapat, metode *manual selection* menghasilkan akurasi yang lebih besar dibandingkan metode *automatic selection*. Hal ini terjadi karena kanal-kanal terpilih pada *automatic selection* merupakan kanal dengan energi terbesar, namun tidak mewakili karakteristik dari subjek tersebut. Sedangkan pada *manual selection* kanal yang didapatkan merupakan kanal-kanal yang dapat mewakili karakteristik subjek tersebut karena dilakukan pengujian akurasi pada setiap kanal.

Dan pada parameter *channel mapping* hasil menunjukkan bahwa metode *selection* yang digunakan sama-sama menunjukkan hasil yang relevan dengan sinyal EEG stroke. Pada data sehat hasil pemetaan kanal menunjukkan kanal aktif cenderung berada pada area *cortex* yang ditunjukkan dengan garis putus-putus, dengan 15 kanal terpilih pada *manual selection* dan 14 kanal terpilih pada *automatic selection*. Sebaliknya, hasil pemetaan kanal pada data stroke menunjukkan kanal aktif cenderung berada diluar area *cortex* yang terdapat pada area garis putus-putus, dengan 15 kanal terpilih pada *manual selection* dan 11 kanal aktif pada metode *automatic selection*. Hal ini menunjukkan bahwa kedua metode baik *manual* maupun *automatic selection* efektif dalam melakukan seleksi kanal yang diperlukan sesuai dengan data yang digunakan.

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada Tugas Akhir ini maka didapatkan kesimpulan bahwa metode *spatial selection* pada dataset sinyal EEG dapat diimplementasikan untuk mengetahui daerah stroke pada otak. Metode *spatial selection* baik *manual* maupun *automatic selection* dapat diimplementasikan pada dataset sinyal EEG stroke untuk meningkatkan tingkat akurasi hingga 15% dari data normal dengan akurasi tertinggi sebesar 0,84 yang dicapai saat menggunakan metode perhitungan  $l_2$ -norm. Serta dapat memfilter dataset untuk mendapatkan hasil kanal yang relevan. Metode perhitungan energi  $l_2$ -Norm memiliki hasil akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan metode perhitungan energi lainnya seperti *leverage score* dan *z-score*. Komposisi kanal aktif pada sinyal EEG stroke tidak dipengaruhi oleh metode pada *energy extraction* melainkan dipengaruhi oleh metode *energy selection*.

### Daftar Pustaka:

- [1] A. Yonata and A. P. P. Satria, "Hipertensi sebagai Faktor Pencetus Terjadinya Stroke," *Majority*, vol. 5, no. 2, p. 17, 2016.
- [2] B. A. B. Ii and T. Pustaka, "Definisi Stroke Risiko dan Penyebab USU," pp. 7–26, 2014.
- [3] C. A. Dinata, Y. Safrita, and S. Sastri, "Gambaran Faktor Risiko dan Tipe Stroke Pada Pasien Rawat Inap," *J. Kesehatan. Andalas*, vol. 2, no. 2, pp. 57–61, 2013.
- [4] M. Z. Baig, N. Aslam, and H. P. H. Shum, "Filtering techniques for channel selection in motor imagery EEG applications: a survey," *Artif. Intell. Rev.*, 2019.
- [5] M. Schröder *et al.*, "Robust EEG channel selection across subjects for brain-computer interfaces," *EURASIP J. Appl. Signal Processing*, vol. 2005, no. 19, pp. 3103–3112, 2005.
- [6] B. Blankertz *et al.*, "The Berlin brain-computer interface," *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 5050 LNCS, pp. 79–101, 2008.
- [7] M. Arvaneh, C. Guan, K. K. Ang, and C. Quek, "Robust EEG channel selection across sessions in brain-computer interface involving stroke patients," *Proc. Int. Jt. Conf. Neural Networks*, pp. 10–15, 2012.
- [8] H F. A. A. Aziz, H. Fauzi, M. I. Shapiyai, A. F. A. Aziz, G. Remijn, and Z. H. Ismail, "EEG BSI-HHT in

- ischaemic stroke with multifocal infarction,” *IEEE Reg. 10 Annu. Int. Conf. Proceedings/TENCON*, vol. 2017-Decem, pp. 1651–1656, 2017.
- [9] V. Adelina, D. E. Ratnawati, and M. A. Fauzi, “Klasifikasi Tingkat Risiko Penyakit Stroke Menggunakan Metode GA-Fuzzy Klasifikasi Tingkat Risiko Penyakit Stroke Menggunakan Metode GA- Fuzzy Tsukamoto,” *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. Univ. Brawijaya*, vol. 2, no. September, pp. 3015–3021, 2018.
- [10] H. Fauzi, M. I. Shapiai, N. A. Setiawan, J. Jaafar, and M. Mustafa, “Channel selection for common spatial pattern Based on energy calculation of motor imagery EEG signal,” *ICCREC 2017 - 2017 Int. Conf. Control. Electron. Renew. Energy, Commun. Proc.*, vol. 2017-Janua, pp. 33–39, 2017.
- [11] H. Fauzi, M. I. Shapiai, S. Shah Abdullah, and Z. Ibrahim, “Automatic Energy Extraction Methods for EEG Channel Selection,” *Proc. - 2018 Int. Conf. Control. Electron. Renew. Energy Commun. ICCEREC 2018*, pp. 70–75, 2019.
- [12] H. Fauzi, M. A. Azzam, M. I. Shapiai, M. Kyoso, U. Khairuddin, and T. Komura, “Energy extraction method for EEG channel selection,” *Telkomnika (Telecommunication Comput. Electron. Control.*, vol. 17, no. 5, pp. 2561–2571, 2019.
- [13] R. Zhang, P. Xu, L. Guo, Y. Zhang, P. Li, and D. Yao, “Z-Score Linear Discriminant Analysis for EEG Based Brain-Computer Interfaces,” *PLoS One*, vol. 8, no. 9, 2013.
- [14] P. D. Welch, “The Use of Fast Fourier Transform for the Estimation of Power Spectra,” *Digit. Signal Process.*, no. 2, pp. 532–574, 1975.
- [15] Q. She, K. Chen, Y. Ma, T. Nguyen, and Y. Zhang, “Sparse representation-based extreme learning machine for motor imagery EEG classification,” *Comput. Intell. Neurosci.*, vol. 2018, 2018.