

PENGUNAAN VARIOGRAM SEBAGAI EKSTRAKSI FITUR PADA PROSES KLASIFIKASI KONDISI FOKAL DAN NON FOKAL SINYAL EEG

Fakhri Syofwal¹, Inung Wijayanto², Raditiana Patmasari³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

fakhrisyofwal@students.telkomuniversity.ac.id¹, iwijayanto@telkomuniversity.ac.id²,
raditiana@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Penyakit epilepsi merupakan keadaan dimana seseorang secara tidak sadar mengalami kejang yang tidak terkontrol. Hal ini menandakan terjadinya aktifitas saraf yang berlebihan di otak manusia. Penyakit ini dapat mempengaruhi psikologis, kognitif, neurobiologis, dan juga kehidupan sosial seseorang. Penyakit ini telah mempengaruhi ≥ 50 juta orang di dunia. Untuk mengobati penyakit ini, diperlukan operasi. Dan langkah awal sebelum melakukan operasi adalah mendeteksi bagian otak yang mengalami kejang dan tidak kejang. Pada langkah pendeteksian ini, menggunakan Electroencephalogram (EEG). Sinyal yang terekam oleh EEG dari bagian otak yang mengalami kejang disebut focal EEG, dan sinyal yang terekam oleh EEG dari bagian otak yang tidak mengalami kejang disebut non-focal EEG.

Pada penelitian kali ini, telah dilakukan pengklasifikasian sinyal focal dan non focal EEG dengan memanfaatkan variogram sebagai ekstraksi fiturnya. Penelitian ini berdasarkan dataset dari Bern-Barcelona EEG Database. Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan seperti preprocessing menggunakan band pass filter, ekstraksi fitur menggunakan variogram, dan metode klasifikasinya menggunakan K-Nearest Neighbour.

Hasil dari penelitian ini, sistem mampu melakukan ekstraksi fitur menggunakan metode variogram. Dari fitur-fitur yang berhasil di ekstraksi tersebut, digunakan untuk melakukan klasifikasi menggunakan metode K-Nearest Neighbour. Metode Cross Validation juga digunakan untuk memisahkan data latih dan data uji dari dataset yang telah tersedia. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan akurasi terbaik untuk sinyal alpha sebesar 80% dan sinyal beta sebesar 90%.

Keywords: Epilepsi, EEG, Fokal dan Non-fokal EEG, variogram, K-Nearest Neighbor

1. Pendahuluan

Penyakit epilepsi atau yang dikenal oleh masyarakat umum sebagai penyakit ayan, merupakan keadaan dimana seseorang secara tidak sadar mengalami kejang yang tidak terkontrol. Penyakit epilepsi sendiri juga dapat digambarkan sebagai suatu kejadian tiba-tiba yang terjadi selama beberapa saat sebagai suatu gejala serta tanda terjadinya aktifitas saraf yang berlebihan di otak manusia. Penyakit epilepsi sendiri dapat menyebabkan konsekuensi pada psikologis, kognitif, neurobiologis, maupun sosial. Secara global, penyakit epilepsi ini telah mempengaruhi ≥ 50 juta orang di seluruh dunia, yang mana sekitar 80% dari jumlah tersebut merupakan masyarakat yang tinggal di negara dengan pendapatan menengah dan rendah [1].

Email addresses: fakhrisyofwal@student.telkomuniversity.ac.id (Fakhri Syofwal), iwijayanto@telkomuniversity.ac.id (Inung Wijayanto), raditiana@telkomuniversity.ac.id (Raditiana Patmasari)

Agustus 26, 2021

Pada penelitian tugas akhir ini, melakukan pengujian penggunaan variogram sebagai ekstraksi fitur pada proses klasifikasi kondisi focal dan non-focal sinyal EEG. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah dataset dari Bern-Barcelona EEG Database. Penelitian ini memiliki tiga tahapan, yaitu pre-processing signal, ekstraksi fitur, dan klasifikasi. Metode ekstraksi fitur yang digunakan adalah menggunakan variogram, serta K-Nearest Neighbors akan digunakan sebagai metode klasifikasi.

2. Dasar Teori

2.1. Epilepsi

Pada umumnya, Epilepsi atau ayan adalah sebuah kelainan yang menyebabkan kejang-kejang pada seseorang. Kelainan ini dipicu oleh tidak normalnya aktivitas otak sehingga menyebabkan pemiliknya berperilaku tidak biasa dan terkadang pingsan. Epilepsi merupakan kelainan neurological yang paling umum di kawasan Uni Eropa (terdapat kurang lebih 8000 pasien pada 2008) [7].

Selain itu, WHO (2019) menjabarkan epilepsi merupakan penyakit kronis tidak menular pada otak seseorang yang diakibatkan oleh ketidaknormalan aliran listrik pada jaringan neuron (saraf otak) [8]. Anomali pada aliran listrik ini menyebabkan kebingungan pada otot dalam merespon, sehingga menyebabkan otot menjadi kejang. Epilepsi menyebabkan hilangnya kendali seseorang terhadap sebagian ataupun seluruh bagian tubuhnya. Penyakit ini dianggap cukup sulit untuk ditangani karena tingkat keparahannya berbeda-beda untuk setiap pemiliknya. Tetapi beberapa kesamaan yang dapat dilihat pada setiap pemiliknya ketika kambuh adalah memiliki pandangan kosong dan gerakan pada lengan secara berulang.

Terdapat beberapa pemicu dari epilepsi, yaitu kelelahan, stress, dan konsumsi obat. Sehingga epilepsi dapat digolongkan menjadi dua jenis, yaitu epilepsi idiopatik dan epilepsi simtomatik. Epilepsi idiopatik merupakan epilepsi yang tidak diketahui penyebabnya, sedangkan epilepsi simtomatik merupakan epilepsi yang disebabkan oleh suatu penyakit sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada otak [9].

2.2. EEG

Electroencephalogram merupakan sebuah metode non-invasif yang banyak digunakan untuk memantau kondisi dari otak. Metode ini dilakukan dengan meletakkan elektroda metal di kulit kepala lalu mengukur aliran listrik yang muncul diluar kepala yang berasal dari aliran listrik pada saraf di dalam otak. Kelebihan dari EEG jika dibandingkan dengan metode lainnya adalah tingginya akurasi yang dihasilkan, metode ini dapat melacak gelombang dalam otak dengan akurasi milidetik. Selain itu portability dari metode ini tergolong baik [10], hal ini dikarenakan metode ini dapat dilakukan di manapun tanpa ketergantungan dengan laboratorium. Hasil dari EEG pada umumnya digunakan dalam dunia kesehatan untuk mengetahui diagnosis dari epilepsi dan untuk pemantauan emosional dari seseorang

2.3. Focal dan non-focal

Pengklasifikasian sinyal focal dan non-focal pada sinyal EEG merupakan salah satu langkah penting dalam menangani seorang pasien epilepsi [12]. Dikarenakan perkembangan teknologi, sinyal EEG digunakan untuk membantu tenaga medis dalam menentukan bagian otak yang menyebabkan epilepsi. Bagian otak yang menyebabkan terjadinya kejang tersebut disebut epileptogenic foci. Saat ini para dokter menggunakan cara manual untuk mencari epileptogenic foci dengan prosedur klinis yang subjektif. Yang mana pengobatan ini dilakukan untuk jenis epilepsi yang disebut epilepsi parsial. Pada epilepsi parsial ini, beberapa bagian otak dipengaruhi kejang epilepsi dan bagian lain normal. Dalam konteks ini, Focal EEG merupakan sinyal EEG yang direkam dari area otak dimana perubahan EEG pertama terdeteksi. Dan EEG non-focal adalah EEG yang direkam dari area otak yang tidak terlibat waktu awal kejang terjadi [2]. Pengklasifikasian dari kedua jenis sinyal tersebut tentunya dapat meningkatkan akurasi keberhasilan ketika melakukan operasi.

2.4. K-Nearest Neighbour

K-Nearest Neighbor merupakan algoritma yang digunakan untuk mengklasifikasikan obyek baru yang didasari dari mayoritas kategori tetangga terdekat [14]. Metode ini biasa digunakan untuk membantu melakukan forecasting dalam melakukan pengklasifikasian suatu titik dengan mengikuti pola dari titik terdekatnya lainnya. Dalam menentukan jarak antar titik tersebut, perhitungan pada umumnya menggunakan jarak *Euclidean*. Jarak *Euclidean* yang dimaksud adalah sebuah formula untuk menemukan jarak antar titik A dan titik B dalam suatu ruang

dua dimensi. Berikut ini merupakan bentuk formula untuk Euclidean Distance:

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Berdasarkan formula Euclidean Distance tersebut, diketahui nilai D adalah jarak dari vektor x dan vektor y. d adalah jumlah data pada matriks. x dan y adalah vektor. Dan k adalah banyaknya nilai.

2.5. Variogram

Variogram merupakan sebuah alat dasar untuk melakukan pengukuran geostatistik untuk mengukur fungsi jarak [13]. Alat ini digunakan untuk mengetahui korelasi spasial antara data yang ingin diukur. Hasil pemetaan dari alat tersebut adalah dapat dilihat dari kecenderungan nilai pada diagramnya, nilai yang rendah nantinya cenderung berada dekat dengan nilai rendah lainnya, sedangkan nilai yang tinggi cenderung berada dekat dengan nilai yang tinggi.

Secara matematika, variogram dapat diartikan seperti rumus berikut:

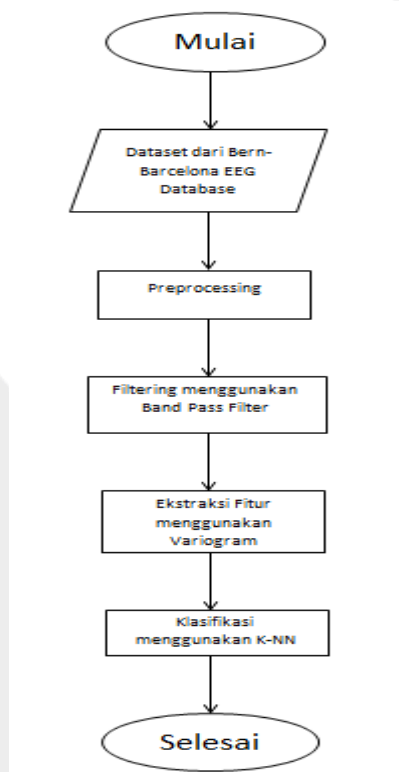
$$\gamma(\Delta x, \Delta y) = \frac{1}{2} \varepsilon[\{Z(x + \Delta x, y + \Delta y) - Z(x, y)\}^2]$$

Dimana $Z(x, y)$ merupakan nilai dari variabel lokasi (x, y) . $\varepsilon[]$ adalah operator ekspektasi statistik. Perlu dicatat bahwa variogram, $\gamma()$ merupakan sebuah fungsi pemisahan antara titik $(\Delta x, \Delta y)$, dan bukan sebuah fungsi dari lokasi titik tertentu (x, y) .

3. Data dan Analisis

3.1. Desain Sistem

Pada penelitian ini, deteksi kejang epilepsi menggunakan dataset yang diambil dari Bern-Barcelona EEG Database. Dari dataset tersebut, ekstraksi fitur dilakukan menggunakan metode variogram dan menggunakan metode K-Nearest Neighbour untuk klasifikasi. Berikut merupakan gambar diagram blok dari desain sistem.



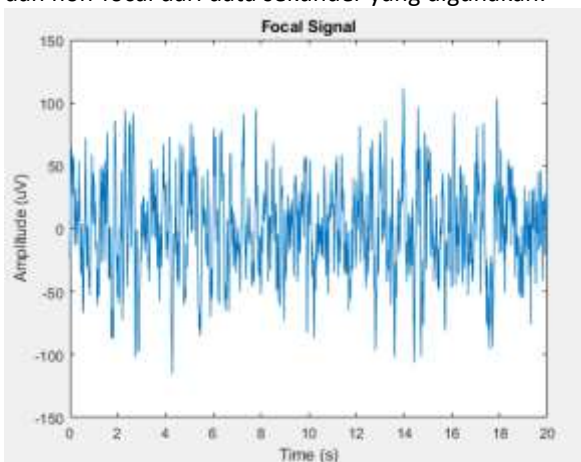
Gambar 1: Diagram blok

Dari diagram blok diatas, dapat dipahami sistematika alur penelitian Tugas Akhir ini. Untuk langkah pertama, pengambilan data. Dataset yang digunakan pada penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Bern-Barcelona EEG Database. Setelah memiliki data yang diteliti, dataset tersebut melewati tahapan pre-processing. Lalu dataset tersebut diproses melalui proses filtering. Pada proses filtering, dataset yang berupa sinyal EEG disaring menggunakan Band Pass Filter dengan jarak antar frekuensi 0,5 Hz sampai 150 Hz. Setelah dataset disaring, maka dilakukan proses ekstraksi fitur. Ekstraksi fitur menggunakan variogram menjadi inti dari penelitian ini. Setelah fitur-fitur diekstraksi, fitur tersebut digunakan untuk proses klasifikasi. Proses klasifikasi ini menggunakan metode K-Nearest Neighbour.

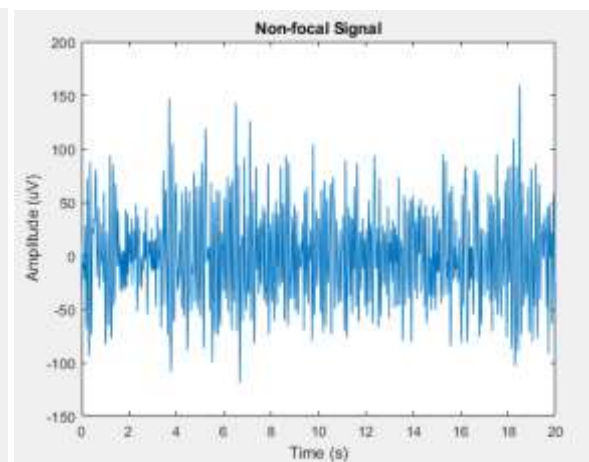
3.2. Tahapan dan Hasil Pengujian Sistem

1. Dataset

Data raw yang digunakan berasal dari data sekunder dan tersimpan dalam format .txt yang berisikan sinyal EEG focal dan non-focal masing – masing berjumlah 50 data. Gambar 2 dan 3 dibawah ini menunjukkan pola sinyal focal dan non-focal dari data sekunder yang digunakan.



Gambar 2: Data raw sinyal focal EEG

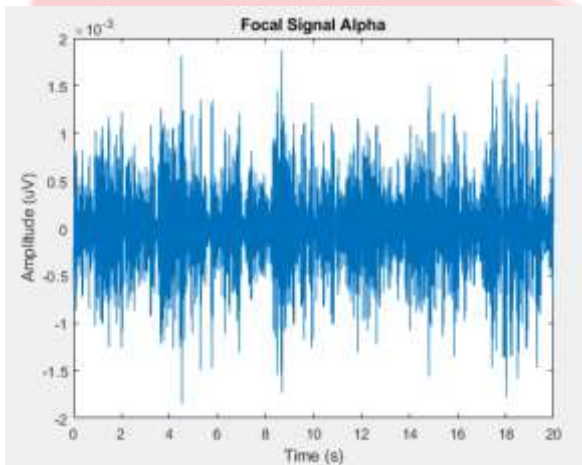


Gambar 3: Data raw sinyal non-focal EEG

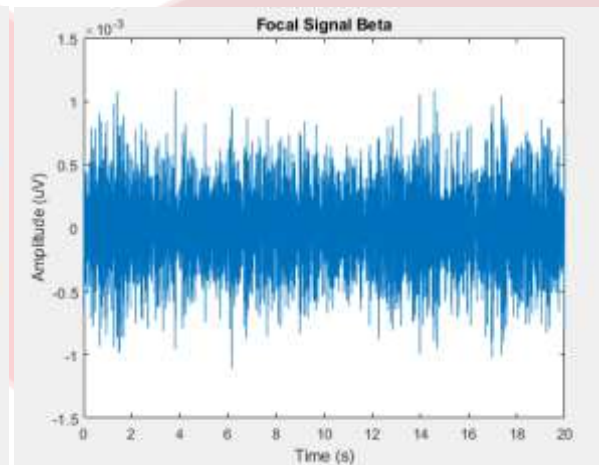
Pada Gambar 2 dan 3 dapat dibandingkan pola sinyal focal dan non-focal. Tahap selanjutnya adalah tahap preprocessing yang bertujuan untuk menghilangkan noise pada sinyal yang terdapat pada data sekunder.

2. Preprocessing

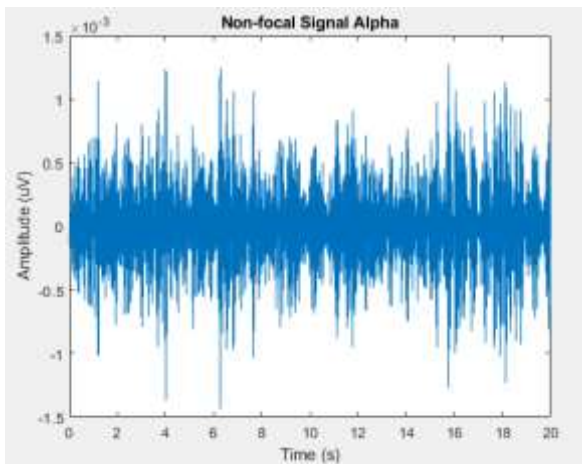
Data sekunder yang digunakan masih berbentuk raw dan terdapat noise pada data yang akan digunakan. Pada tahapan preprocessing, data raw akan dinormalisasi untuk menghilangkan noise yang terdapat pada sinyal dan dilakukan filter untuk mendapatkan sinyal yang dibutuhkan pada pengujian yang akan dilakukan, yaitu sinyal alpha dan beta. Ketika data raw dilakukan normalisasi, maka sinyal akan dipisahkan berdasarkan frekuensi menggunakan band pass filter untuk diambil sinyal alpha dengan frekuensi (8 s.d 13) Hz dan sinyal beta dengan frekuensi (14 s.d 30) Hz.



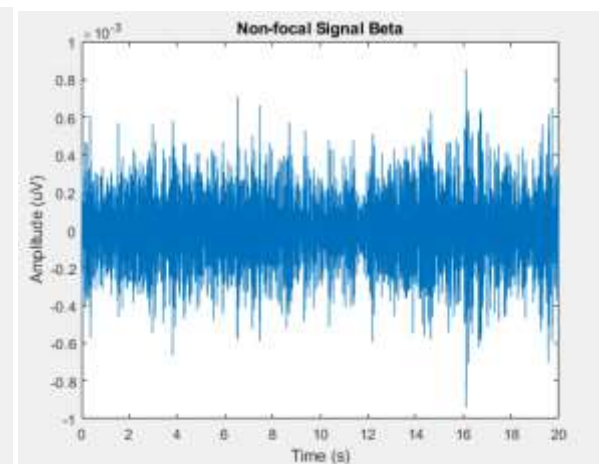
Gambar 4: sinyal focal alpha



Gambar 5: sinyal focal beta



Gambar 6: Sinyal non-focal alpha



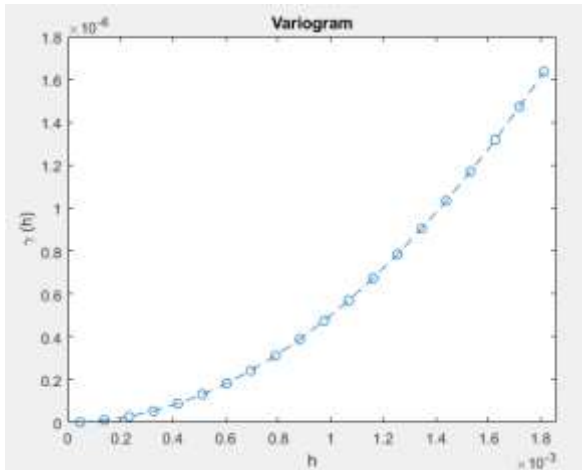
Gambar 7: Sinyal non-focal beta

Pada Gambar 4.3 dan 4.4 terdapat perbandingan antara sinyal focal alpha dan beta. Sinyal alpha memiliki batas gelombang atas dan bawah yang lebih besar dibandingkan dengan sinyal beta. Begitu juga pada Gambar 4.5 dan 4.6 perbandingan antara sinyal alpha dan beta untuk sinyal non-focal, pada sinyal alpha memiliki batas gelombang atas dan bawah yang lebih besar dibandingkan dengan sinyal beta.

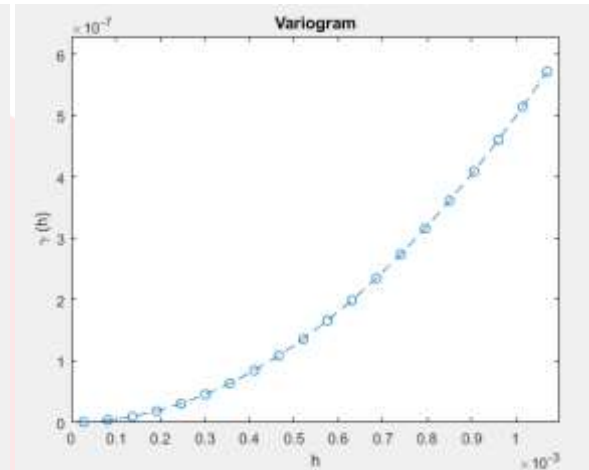
3. Ekstraksi Fitur

Ekstraksi fitur dilakukan dengan menggunakan metode variogram. Proses yang dilakukan diawali dengan filtering sinyal menggunakan band pass filter untuk membedakan sinyal alpha yang memiliki frekuensi (8 s.d 13) Hz dan sinyal beta yang memiliki frekuensi (14 s.d 30) Hz.

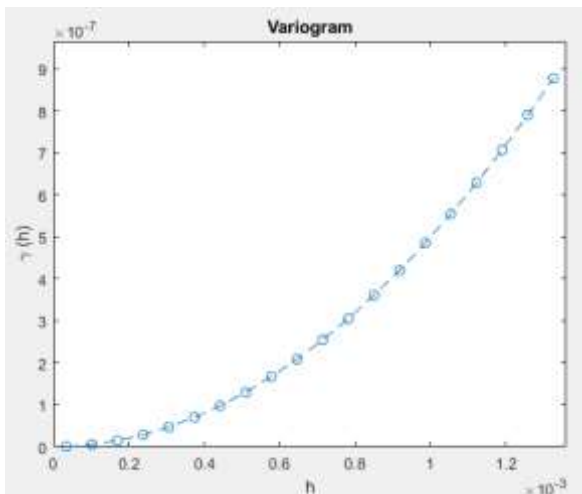
Setelah tahap filtering, selanjutnya adalah proses ekstraksi ciri sinyal menggunakan metode variogram. Berikut ini akan ditampilkan hasil dari tahap ekstraksi ciri :



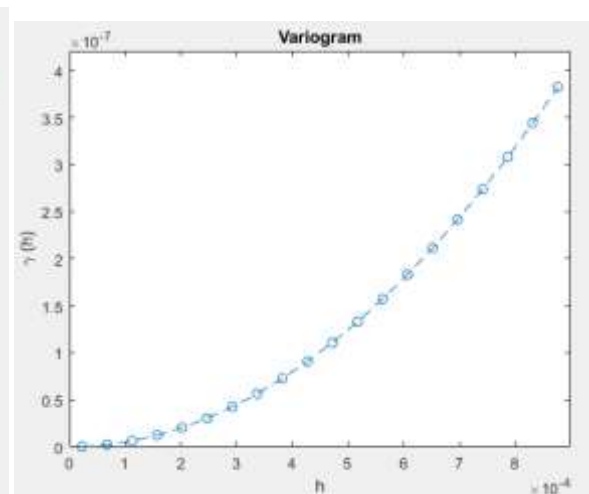
Gambar 8: Variogram focal alpha



Gamabr 9: Variogram focal beta



Gambar 10: variogram non-focal alpha



Gambar 11: variogram non-focal beta

Pada Gambar 4.7, 4.8, 4.9, dan 4.10 terdapat variogram vocal dan non-focal sinyal alpha maupun beta. Variogram memiliki sill (menentukan korelasi), range (keakuratan data), dan nugget (titik awal variogram). Ketika variogram yang didapatkan memiliki hasil sill yang horizontal, maka data cenderung tidak memiliki korelasi. Semakin kecil jarak atau range yang didapatkan dari hasil variogram, maka data akan semakin akurat. Variogram yang dimulai dari nol disebut nugget dan mewakili variasi yang sangat kecil termasuk eror dalam pengukuran.

4. Pengujian Sistem dan hasil

Tahap selanjutnya yaitu melakukan skenario testing untuk mendapatkan parameter terbaik dari pengujian dengan metode klasifikasi k-NN. Parameter pada metode klasifikasi adalah nilai k pada k-NN, nilai k yang digunakan adalah 1, 3, 5, 7, dan 9. Skenario testing menggunakan k-fold cross-validation sebanyak k = 10 pada setiap masing – masing kanal, lalu hasilnya dirata -rata. Setelah proses pengujian selesai, akan dilihat parameter terbaik berdasarkan akurasi tertinggi yang didapatkan.

Parameter terbaik dari k-NN didapatkan dari pengujian sistem dengan menggunakan nilai k dan mendapatkan akurasi tertinggi pada saat pengujian sistem. Berikut ini merupakan tabel hasil pengujian terbaik :

Tabel 1: Akurasi tertinggi alpha pada pengujian cross-validation dengan 8-fold dan nilai k=5

k	Accuracy (%)	
	Alpha	Beta
1	65%	60%
3	60%	65%
5	70%	50%
7	65%	55%
9	65%	55%

Tabel 2: Akurasi tertinggi beta pada pengujian cross-validation dengan 9-fold dan nilai k=9

k	Accuracy (%)	
	Alpha	Beta
1	60%	45%
3	60%	45%
5	60%	60%
7	60%	55%
9	55%	80%

5. Analisis

Tabel 3: Nilai sensitivity pada hasil pengujian sinyal alpha

cv/k	Sensitivity				
	1	3	5	7	9
1	40%	80%	30%	70%	50%
2	60%	60%	60%	70%	50%
3	50%	50%	60%	30%	60%
4	50%	40%	40%	30%	40%
5	50%	70%	50%	80%	50%
6	30%	40%	40%	20%	50%
7	60%	70%	60%	70%	80%
8	60%	70%	70%	50%	80%
9	70%	50%	70%	50%	50%
10	70%	60%	40%	50%	60%

Tabel 4: Nilai specivity pada hasil pengujian sinyal alpha

cv/k	Specificity				
	1	3	5	7	9
1	80%	30%	70%	50%	70%
2	60%	60%	70%	50%	60%

3	50%	60%	30%	60%	20%
4	40%	40%	30%	40%	40%
5	70%	50%	80%	50%	70%
6	40%	40%	20%	50%	40%
7	70%	60%	70%	80%	30%
8	70%	70%	50%	80%	60%
9	50%	70%	50%	50%	70%
10	60%	40%	50%	60%	60%

Pada Tabel 3 dan 4, bisa dilihat hasil sensitivity dan specificity dari pengujian sinyal alpha. Nilai sensitivity terbesar didapatkan pada saat pengujian 1-fold dengan parameter $k = 3$, pengujian 5-fold dengan parameter $k = 7$, pengujian 7-fold dengan parameter $k = 9$, dan pengujian 8-fold dengan parameter $k = 9$ dengan hasil sebesar 80%. Sementara nilai specificity terbesar didapatkan pada saat pengujian 1-fold dengan parameter $k = 1$, pengujian 5-fold dengan parameter $k = 5$, pengujian 7-fold dengan parameter $k = 7$, dan pengujian 8-fold dengan parameter $k = 7$ dengan hasil sebesar 80%.

Tabel 5: Nilai sensitivity pada hasil pengujian sinyal beta

cv/k	Sensitivity				
	1	3	5	7	9
1	40%	60%	30%	50%	30%
2	50%	70%	50%	80%	50%
3	50%	40%	70%	30%	80%
4	50%	50%	50%	40%	70 %
5	70%	50%	80%	60%	80%
6	60%	40%	50%	60%	50%
7	50%	40%	50%	40%	40%
8	80%	40%	80%	50%	60%
9	30%	60%	30%	60%	50%
10	80%	50%	90%	50%	90%

Tabel 6: Nilai specificity pada hasil pengujian sinyal beta

cv/k	Specificity				
	1	3	5	7	9
1	60%	30%	50%	30%	60%
2	70%	50%	80%	50%	70%
3	40%	70%	30%	80%	70%
4	50%	50%	40%	70%	40%
5	50%	80%	60%	80%	70%
6	40%	50%	60%	50%	30%
7	40%	50%	40%	40%	50%
8	40%	80%	50%	60%	40%

9	60%	30%	60%	50%	70%
10	50%	90%	50%	90%	40%

Pada Tabel 4.16 dan 4.17, bisa dilihat hasil sensitivity dan specificity dari pengujian sinyal alpha. Nilai sensitivity terbesar didapatkan pada saat pengujian 10-fold dengan parameter $k = 5$ dan 9 dengan hasil sebesar 90%. Sementara nilai specificity terbesar didapatkan pada saat pengujian 10-fold dengan parameter $k = 3$ dan 7 dengan hasil sebesar 90%.

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan terhadap perancangan sistem, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Metode ekstraksi ciri menggunakan Variogram dapat digunakan untuk mengekstraksi ciri sinyal alpha dan beta pada sinyal EEG focal dan non-focal. Metode tersebut diterapkan mulai dari menggunakan data input sinyal alpha dan beta yang didapatkan dari hasil pre-processing, lalu melewati tahap ekstraksi ciri untuk mendapatkan ciri dari sinyal tersebut.
2. Metode K-NN dapat mengklasifikasi focal dan non-focal pada sinyal alpha dan beta. Metode tersebut diterapkan dengan menggunakan ciri dari sinyal, lalu menentukan nilai k pada parameter k -nn, lalu diprediksi kelas berdasarkan kemiripan ciri dari data yang diuji.
3. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, pengujian dengan menggunakan cross-validation dengan 8-fold menggunakan $k = 5$ mendapatkan hasil terbaik untuk sinyal alpha, sementara untuk sinyal beta menggunakan cross-validation dengan 9-fold menggunakan $k = 9$.
4. Sensitivity dan specificity terbaik pada pengujian sinyal alpha adalah 80%, sementara untuk sinyal beta adalah 90%. Semakin tinggi specificity maka semakin bagus sistem dalam memprediksi data dan hasilnya benar, sementara sensitivity menunjukkan perbandingan antara data yang benar dengan data yang diprediksi benar.

Referensi

- [1] Ahmed Faeq Hussein et al., "Focal and non-Focal Epilepsy Localisation: A Review," University of Cauca, Popayan, Review Articles ISSN, 2017.
- [2] Arunkumar N. et al., "Classification of focal and non focal EEG using entropies," SASTRA University, Thanjavour, Pattern Recognition Letters ISSN, 2017.
- [3] Ralph G. Andrzejak, Kaspar Schindler, and Christian Rummel, "Nonrandomness, nonlinear dependence, and nonstationarity of electroencephalographic recordings from epilepsy patients," Universitat Pompeu Fabra, Barcelona, Physical Review ISSN, 2012.
- [4] HRS Jakarta, "Theory and example of Variogram," Hampson-Russell, Jakarta, Review Articles ISSN, 2008.
- [5] P. Chernyavskiy, C. M. Hudac, D. L. Molefese, and D. B. Marx, "Using the Spatio-Temporal Variogram for the Classification of Electroencephalographic (EEG)," University of Nebraska, Nebraska, Assessment ISSN, 2014.
- [6] Sebastien Garrigues, Denis Allard, and Frederic Baret, "Using First- and Second-Order Variograms for Characterizing Landscape Spatial Structures From Remote Sensing Imagery," *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 45, no. 6, pp. 1832-1833, June 2007.
- [7] Heinz Beck and Christian E. Elger, "Epilepsy research: a window onto function and dysfunction of the human brain," Bonn, 2008.
- [8] WHO. (2019, Juni) Epilepsy. [Online]. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/epilepsy>
- [9] Tjin Willy. (2018, November) Pengertian Epilepsi. [Online]. <https://www.alodokter.com/epilepsi>
- [10] Alex Casson et al., "Electroencephalogram," Manchester, 2018.

- [11] Hans Berger, "Über das elektroencephalogramm des menschen," in *Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten*. Berlin: Springer-Verlag, 1929, pp. 527-570.
- [12] Luay Fraiwan and Mohanad Alkhodari, "Classification of Focal and Non-Focal Epileptic Patients Using Single Channel EEG and Long Short-Term Memory Learning System," Abu Dhabi, 2020.
- [13] Ye Zhang, *Introductions to Geostatistics - Course Notes*. Laramie: University of Wyoming, 2011.
- [14] P. E. Hart and Thomas Cover, "Nearest neighbor pattern classification," California, 1967.
- [15] comp-eng.binus.ac.id. (2020, November) Filter Frekuensi. picture.

