KLASIFIKASI NORMAL, TANPA KEJANG, KEJANG TERHADAP SINYAL EPILEPSI MENGGUNAKAN METODE TEKNIK SAMPLING DAN K - NEAREST NEIGHBOR

[1]Ade Eviyanti, [2]Hindarto hindarto, [3]M Abror
[1,2,3] *Fakultas saintek, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo*
e-mail: eviyantiade3@gmail.com[1], hindarto@umsida.ac.id[2]

ABSTRAK

Epilepsi adalah gangguan sistem saraf pusat (neurologis) di mana aktivitas otak menjadi tidak normal, menyebabkan kejang atau periode perilaku yang tidak biasa, sensasi, dan kadang-kadang hilangnya kesadaran. Electroencephalogram (EEG) dikenal luas untuk mendiagnosis dan menilai aktivitas dan gangguan otak. Penelitian ini menggunakan dataset EEG yang digunakan dalam berbagai penelitian tentang deteksi epilepsi. Penelitian yanga dilakukan yaitu mendeteksi tentang sinyal epilepsi menggunakan metode teknik sampling dan metode K-NN. Data penelitian ini mengambil data sinyal Epilepsi dari klinik Epileptologie Universitas Bonn yang terdiri dari data set A sinyal normal mata terbuka, set C masuk zona epilepsi, dan set E epilepsi kejang. Data set A terdiri dari 100 sinyal epilepsi, Data set C terdiri dari 100 sinyal epilepsi dan data set E terdiri dari 100 data sinyal epilepsi. 70 data sinyal EEG digunakan untuk data *training* dan 30 data sinyal EEG untuk data *testing*. Hasil yang terbaik dengan nilai K=1 sampai K=13 diperoleh untuk pengklasifikasian sinyal epilepsi menggunakan K-NN adalah 83% dari data sinyal yang diuji.

Kata kunci *:* Epilepsi, teknik sampling, EEG, K-NN

ABSTRACT

Epilepsy is a disorder of the central nervous system (neurological) in which brain activity becomes abnormal, causing seizures or periods of unusual behavior, sensations, and sometimes loss of consciousness. Electroencephalogram (EEG) is widely known to diagnose and assess brain activity and disorders. This study uses the EEG dataset used in various studies on the detection of epilepsy. The research carried out is detecting epileptic signals using sampling techniques and K-NN methods. The data of this study took epilepsy signal data from the University of Bonn's Epileptologie clinic which consisted of data set A, the normal eye signal was open, C set was in the epilepsy zone, and E set was seizure epilepsy. Data set A consists of 100 epilepsy signals, data set C consists of 100 epilepsy signals and data set E consists of 100 epilepsy signal data. 70 EEG signal data are used for training data and 30 EEG signal data for testing data. The best results with values of K = 1 to K = 13 were obtained for the classification of epilepsy signals using K-NN is 83% of the signal data tested.

***Keyword**: Epilepsy, sampling technique, EEG, K-NN*

PENDAHULUAN

Epilepsi dianggap dapat diatasi untuk individu yang memiliki sindrom epilepsi tergantung usia tetapi sekarang telah melewati usia yang berlaku atau mereka yang tetap bebas kejang selama 10 tahun terakhir tanpa obat kejang selama 5 tahun terakhir. Menurut definisi baru ini, epilepsi sekarang disebut penyakit daripada gangguan, mirip dengan gangguan heterogen lainnya seperti kanker dan penyakit jantung, yang juga disebut penyakit untuk menyampaikan keseriusan kondisi tersebut kepada khalayak awam. Epilepsi adalah gangguan neurologis kedua yang paling umum pada manusia setelah stroke. Sekitar 40 atau 50 juta orang didunia menderita epilepsi [1].

Epilepsi adalah spektrum gangguan otak mulai dari parah, mengancam jiwa dan melumpuhkan, hingga yang lebih jinak. Pada epilepsi, pola normal aktivitas neuron menjadi terganggu, menyebabkan sensasi, emosi, dan perilaku aneh atau kadang-kadang kejang, kejang otot, dan kehilangan kesadaran. Epilepsi memiliki banyak kemungkinan penyebab dan ada beberapa jenis kejang. Apa pun yang mengganggu pola normal aktivitas neuron - mulai dari penyakit hingga kerusakan otak hingga perkembangan otak yang tidak normal - dapat menyebabkan kejang. Epilepsi dapat berkembang karena kelainan pada kabel otak, ketidakseimbangan bahan kimia pensinyalan saraf yang disebut neurotransmitter, perubahan fitur penting dari sel-sel otak yang disebut saluran, atau beberapa kombinasi dari ini dan faktor lainnya. Mengalami kejang tunggal akibat demam tinggi [2][3].

Secara umum, kejang terbagi dalam dua kategori: kejang fokal dan umum. Perbedaan antara tipe-tipe ini adalah bagaimana mereka memulainya. Kejang fokus dimulai pada satu bagian otak dan memengaruhi bagian tubuh yang dikendalikan oleh bagian otak itu. Gejala-gejala yang dialami seseorang akan tergantung pada fungsi apa yang dikendalikan oleh bagian otak (atau yang terkait dengannya). Kejang mungkin melibatkan gerakan tak sadar atau pengerasan anggota tubuh, perasaan déjà vu, bau atau rasa tidak enak, atau sensasi di dalam otak. perut seperti kupu-kupu atau mual. Kejang biasanya berlangsung kurang dari dua menit. Kejang umum primer melibatkan seluruh otak dan karenanya melibatkan seluruh tubuh. Ada banyak jenis kejang umum - beberapa kejang, lainnya kejang. Elektroensefalogram (EEG) adalah tes yang mendeteksi aktivitas listrik di otak Anda menggunakan cakram logam kecil (elektroda) yang melekat pada kulit kepala Anda. Sel-sel otak Anda berkomunikasi melalui impuls listrik dan aktif setiap saat, bahkan ketika Anda sedang tidur. Aktivitas ini ditampilkan sebagai garis bergelombang pada rekaman EEG [4][5]. Elektroensefalografi (EEG) adalah metode pemantauan elektrofisiologis untuk merekam aktivitas listrik otak. Ini biasanya noninvasif, dengan elektroda ditempatkan di sepanjang kulit kepala, meskipun elektroda invasif kadang-kadang digunakan, seperti dalam elektrokortikografi. EEG mengukur fluktuasi tegangan yang dihasilkan dari arus ionik di dalam neuron otak. Jadi Aktivitas otak berupa gelombang listrik, yang dapat direkam melalui kulit kepala disebut Elektro-Ensefalografi (EEG). Bentuk gelombang EEG dapat dikarakterisasi berdasarkan lokasi, amplitudo, frekuensi, morfologi, kontinuitas (ritmik, intermiten atau kontinu), sinkroni, simetri, dan reaktivitas. Namun, metode yang paling sering digunakan untuk mengklasifikasikan bentuk gelombang EEG adalah dengan frekuensi, sehingga, gelombang EEG diberi nama berdasarkan rentang frekuensi mereka menggunakan angka Yunani. Bentuk gelombang yang paling umum dipelajari termasuk delta (0,5 hingga 4Hz); theta (4 hingga 7Hz); alpha (8 hingga 12Hz); sigma (12 hingga 16Hz) dan beta (13 hingga 30Hz). Selain itu, ada bentuk gelombang lain seperti infra slow osilasi (ISO) (kurang dari 0,5Hz) dan frekuensi tinggi osilasi (HFO) (lebih besar dari 30Hz) yang berada di luar bandwidth konvensional EEG klinis tetapi baru-baru ini menemukan pentingnya klinis dengan munculnya pemrosesan sinyal digital [6]. siklus/detik, disebut gelombang alfa. Gelombang alfa dapat direkam dengan baik pada area visual di daerah oksipital [7]. Membangkitkan gelombang beta, individu seperti dalam keadaan bangun dan terjaga [8]. Kelompok sel monoamine pada pons dan otak tengah membentuk sistem aktivasi reticular reticular meninggi yang memproyeksikan ke korteks serebral, hippocampus, amygdala, hipotalamus dan thalamus. sistem aktivasi reticular mengatur siklus tidur dan bangun, berbagai respons emosional dan perilaku, dan respons orientasi terhadap berbagai rangsangan. Secara klinis, area ini penting dalam mengatur tingkat kesadaran: menipisnya serotonin menyebabkan insomnia. Kerusakan pada pembentukan reticular otak tengah dapat menyebabkan koma, keadaan pingsan atau keadaan vegetatif yang persisten. Obat-obatan tertentu, anestesi atau gangguan metabolisme juga memengaruhi tingkat kesadaran melalui tindakannya pada RF. Tingkat aktivitas RF tercermin pada EEG (electroencephalogram) dengan pola karakteristik yang bervariasi dengan berbagai tingkat kesadaran. [9][10][11].

Electroencephalography (EEG) adalah metode pemantauan elektrofisiologis untuk merekam aktivitas listrik otak. Ini biasanya noninvasif, dengan elektroda ditempatkan di sepanjang kulit kepala, meskipun elektroda invasif kadang-kadang digunakan, seperti dalam elektrokortikografi. EEG mengukur fluktuasi tegangan yang dihasilkan dari arus ionik di dalam neuron otak. Secara klinis, EEG mengacu pada rekaman aktivitas listrik spontan otak selama periode waktu tertentu, sebagaimana dicatat dari beberapa elektroda yang diletakkan di kulit kepala. Aplikasi diagnostik umumnya berfokus pada potensi yang terkait dengan peristiwa atau pada konten spektral EEG. Yang pertama menyelidiki potensi fluktuasi waktu yang terkunci pada suatu peristiwa, seperti 'onset stimulus' atau 'tekan tombol'. Yang terakhir menganalisis jenis osilasi saraf (populer disebut "gelombang otak") yang dapat diamati dalam sinyal EEG dalam domain frekuensi. EEG paling sering digunakan untuk mendiagnosis epilepsi, yang menyebabkan kelainan pada pembacaan EEG. Ia juga digunakan untuk mendiagnosis gangguan tidur, kedalaman anestesi, koma, ensefalopati, dan kematian otak. EEG digunakan untuk menjadi metode diagnosis lini pertama untuk tumor, stroke, dan gangguan otak

fokus lainnya, tetapi penggunaan ini telah menurun dengan munculnya teknik pencitraan anatomi resolusi tinggi seperti pencitraan resonansi magnetik (MRI).) dan computed tomography (CT). Meskipun resolusi spasial terbatas, EEG terus menjadi alat yang berharga untuk penelitian dan diagnosis. Ini adalah salah satu dari beberapa teknik seluler yang tersedia dan menawarkan resolusi temporal rentang milidetik yang tidak mungkin dengan CT, PET atau MRI.

Algoritma *multistage nonlinear preprocessing filter* yang digabungkan dengan *artificial neuralnetwork* (ANN) untuk deteksi otomatis serangan epilepsi pada sinyal EEG [12]. klasifikasi menggunakan recurrent neural networks (RNNs) dan ekstraksi fitur Lyapunov yangdi-training dengan algoritma Levenberg–Marquardt [13]. Klasifikasi menggunakan *multilayer perceptron neural network* (MLPNN) [14]. Klasifikasi menggunakan *Least-Square Support Vector Machine* (LS-SVM) dan koefisien *Autoregressive* (AR) [15].

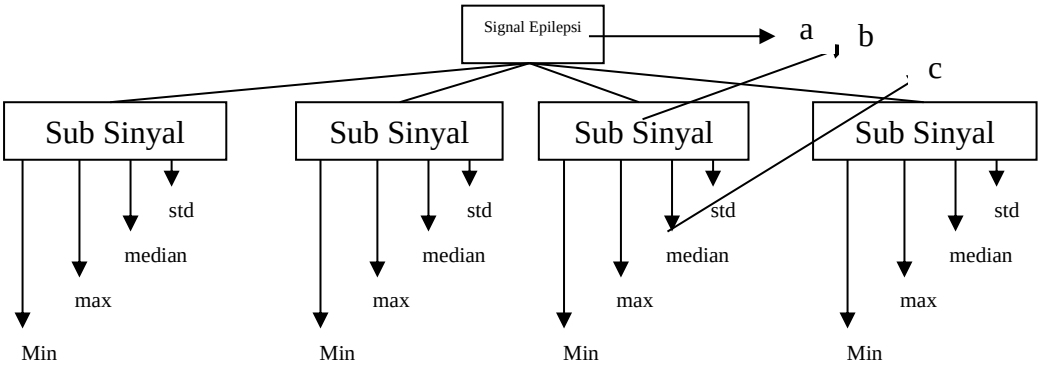
Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah menggabungkan metode Tenik Sampling dan K-NN Langkah pertama menggunakan Tenik Sampling untuk mendapatkan beberapa fitur untuk menangkap karakteristik spesifik dari EEG sinyal dan kemudian fitur-fitur tersebut digunakan sebagai masukan pada K-NN untuk mendapatkan klasifikasi terdeteksi Normal, Tanpa Kejang, Kejang.

METODE

Data sinyal Epilepsi dari Universitas Bonn terdiri atas lima kelas *dataset* yaitu A, B, C, D, dan E. Tiap *dataset* berisi 100 segmen EEG saluran tunggal dengan durasi selama 23.6 detik. Setiap segmen dipilih dan dipotong dari rekaman EEG *multichannel* secara kontinyu setelah inspeksi artefak secara visual, misalnya gerakan mata atau aktivitas otot. Set A dan B adalah sinyal yang diambil dari rekaman EEG yang dilakukan pada lima sukarelawan sehat dengan skema penempatan elektroda standar (*International 10-20 system*). Relawan dalam kondisi santai dan terjaga dengan mata terbuka (untuk set A) dan mata tertutup (untuk set B). Set C-E berasal dari arsip EEG diagnosis *presurgical*. EEG dari lima pasien dipilih, dan semua telah mencapai kontrol kejang yang lengkap, setelah reseksi dari salah satu formasi hippocampal, sehingga didiagnosis dengan benar masuk zona *epileptogenic*. Sinyal set D direkam saat zona *epileptogenic*, dan berada pada interval tanpa kejang dan set C berasal dari pembentukan *hippocampus* pada belahan yang berlawanan dari otak. Sementara set C dan D berisi aktivitas yang hanya diukur selama interval tanpa kejang, sedangkan set E hanya berisi aktivitas kejang. Dengan mengambil sampel 100 data sinyal EEG set A, 100 data sinyal EEG set B, 100 data sinyal EEG set C, 100 data sinyal EEG set D dan 100 data sinyal EEG set E yang digunakan dalam penelitian ini. Sesuai dengan referensi yang ada, semua sinyal EEG direkam dengan sistem amplifier dengan kanal 128. Digitalisasi data dengan frekuensi 173,61 sampel per detik menggunakan *A/D converter* 12 bit. *Band passfilter* diatur pada 0,53 40 Hz (12 dB / oct). Masing-masing data sinyal EEG digital tersebut terdiri atas 4096 data diskrit. Plot potongan sinyal EEG set A, set B, Set C, set D dan set E yang digunakan dalam penelitian ini dalam bentuk time series[20].

Teknik Sampling

Pada penelitian ini ekstraksi Ciri sinyal Epilepsi yang digunakan adalah metode Teknik Sampling [16]. Sinyal Epilepsi dibagi menjadi empat buah sub sinyal Epilepsi. Dari empat sub sinyal Epilepsi tersebut ditentukan nilai maksimum, nilai minimum, nilai rata-rata dan nilai standart deviasi untuk dijadikan ekstrasi ciri sinyal Epilepsi seperti pada gambar 1.



Gambar 1. a. Sampel sinyal Epilepsi, b. sampel sub sinyal dan c. Seleksi Fitur

Terdapat 100 file data sinyal Epilepsi yang diambil dalam penelitian ini. Satu data file sinyal Epilepsi memiliki 4097 point data. Satu sinyal Epilepsi dibagi menjadi empat sub sinyal. Sehingga tiap sub sinyal mempunyai 1024 point data. Data sub sinyal Epilepsi dicari nilai minimum, nilai maksimum, nilai rata-rata dan nilai standart deviasi. Terdapat 16 point data yang didapatkan dari 4 x 4 sub sinyal.

Metode Klasifikasi *K-Nearest Neighbor*

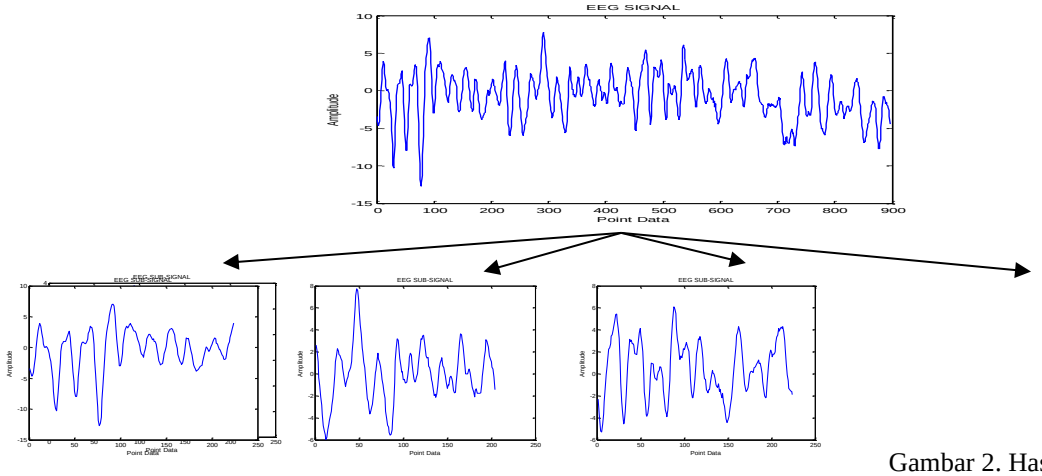
K-NN merupakan salah satu algoritma pembelajaran mesin sederhana. Hal ini hanya didasarkan pada gagasan bahwa suatu objek yang 'dekat' satu sama lain juga akan memiliki karakteristik yang mirip. Ini berarti jika kita mengetahui ciri-ciri dari salah satu objek, maka kita juga dapat memprediksi objek lain berdasarkan tetangga terdekatnya. K-NN adalah improvisasi lanjutan dari teknik klasifikasi *Nearest Neighbor*. Hal ini didasarkan pada gagasan bahwa setiap contoh baru dapat diklasifikasikan oleh suara mayoritas dari *k* tetangga, di mana *k* adalah bilangan bulat positif, dan biasanya dengan jumlah kecil [17][18][19]. Algoritma klasifikasi K-NN memprediksi kategori tes sampel sesuai dengan sampel pelatihan *k* yang merupakan tetangga terdekat dengan sampel uji, dan memasukkan kedalam kategori yang memiliki kategori probabilitas terbesar. Dalam pengenalan pola, algoritma KNN adalah metode yang digunakan untuk mengklasifikasikan objek berdasarkan contoh pelatihan terdekat di ruang fitur. KNN adalahjenis*insctance-based learning*, atau*lazy learning* dimana fungsi ini hanya didekati secara local dan semua perhitungan ditangguhkan sampai klasifikasi. Metode klasifikasi K-NN memiliki beberapa tahap, yang pertama nilai *k* yang merupakan jumlah tetangga terdekat yang akan menentukan kueri baru masuk ke kelas mana ditentukan. Tahap kedua, *k* tetangga terdekat dicari dengan cara menghitung jarak titik kueri dengan titik training. Tahap ketiga, setelah mengetahui jarak masing-masing titik training dengan titik kueri, kemudian lihat nilai yang paling kecil. Tahap keempat ambil *k* nilai terkecil selanjutnya lihat kelasnya. Kelas yang paling banyak merupakan kelas dari kueri baru. Dekat atau jauhnya jarak titik dengan tetangganya bias dihitung dengan menggunakan *Euclidean distance*. *Euclidean distance* direpresentasikan sebagai berikut :

$$j(a,b) = \sqrt{\sum_{k=1}^{k_n}(a_k - b_k)^2} \qquad (1)$$

J (a,b) merupakan jarak antara titik *a* yang merupakan titik yang telah diketahui kelasnya dan *b* berupa titik baru. Jarak antara titik baru dengan titik-titik *training* dihitung dan diambil *k* buah titik terdekat. Titik baru diprediksi masuk ke kelas dengan klasifikasi terbanyak dari titik-titik tersebut.

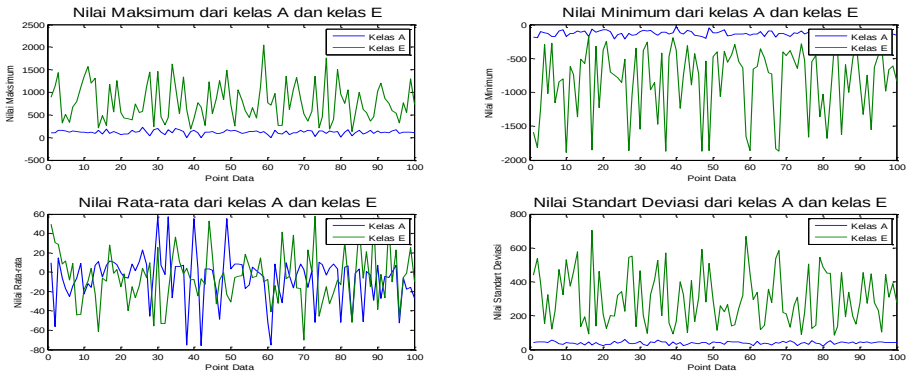
HASIL DAN PEMBAHASAN

Data set berasal dari Universitas Bonn terdiri atas lima kelas *dataset* yaitu A, B, C, D, dan E. Tiap *dataset* berisi 100 segmen EEG saluran tunggal dengan durasi selama 23.6 detik. Jumlah data yang banyak, akan menyebabkan proses komputasi lama disebabkan oleh banyak data yang diproses, sehingga dengan adanya fitur yang sedikit mengakibatkan proses komputasi yang cepat. Pada peneltian ini, satu sinyal Epilepsi dibagi menjadi empat sub sinyal. Empat sub sinyal tersebut diambil nilai max, min, mean dan standart deviasi. Nilai max, min, meandan standart deviasi dari proses Teknik Sampling dijadikan ekstrasi ciri bagi proses identifikasi.



Gambar 2. Hasil proses Teknik Sampling pada sinyal Epilepsi

Gambar 2 merupakan rekaman Epilepsi dan proses pembagian menjadi empat sub sinyal. Empat sub sinyal tersebut diambil nilai max, min, mean dan standart untuk setiap sub sinyal.



Gambar 3. Perbandingan kelas A, Kelas C dan kelas E terhadapa nilai max, min, mean dan standart deviasi dari setiap sub sinyal

Pada gambar 3 menunjukkan bahwa untuk nilai dari max, min, mean dan standart deviasi dari setiap sub sinyal. Masing – masing sinyal untuk Sinyal Normal, Tanpa Kejang, Kejang mempunyai nilai perbedaan. Dengan perbedaan nilai yang tidak sama menunjukkan bahwa tingkat pengklasifikasian dengan mengambil nilai max, min, mean dan standart cukup baik. Klasifikasi menggunakan K-NN diimplementasikan dengan menggunakan fitur nilai max, min, mean dan standart deviasi dari proses Teknik sampling sebagai masukan. Dalam penelitian ini, set pelatihan berjumlah 70 data sinyal Epilepsi dan data uji coba sebanyak 30 data sinyal Epilepsi. Pada tabel 1 merupakan distribusi kelas sampel dalam kumpulan data pelatihan dan uji coba. Data yang diperoleh dari subyek yang berbeda pada proses pelatihan merupakan cara untuk meningkatkan kemampuan K-NN. Untuk melatih K-NN menggunakan Set data pelatihan, sedangkan Untuk memverifikasi keakuratan dan keefektifan K-NN data uji coba untuk mendeteksi sinyal tersebut termasuk sinyal Normal, Tanpa Kejang, dan Kejang.

Tabel 1. Sampling distribusi kelas pada data pelatihan dan data uji coba tiap sinyal.

Kelas		Training set	Test set
Sinyal Normal	Epilepsi	70	30
Sinyal Tanpa Kejang	Epilepsi	70	30
Sinyal Kejang	Epilepsi	70	30

Pengujian akan dilakukan dengan variasi nilai K dalam sistem KNN dan variasi data latih dan data uji yang digunakan. Akurasi yang dimaksud adalah ketepatan hasil klasifikasi yang dilakukan program dengan hasil klasifikasi manual. Tingkat akurasi dapat diformulasikan dengan persamaan (2).

$$Akurasi = \frac{Jumlah\ sinyal\ benar}{Jumlah\ total\ data\ uji}\ x\ 100\% \qquad (2)$$

Pada pengujian ini dilakukan variasi jumlah K pada fungsi KNN. K merupakan jumlah tetangga terdekat. Nilai K yang diujikan adalah satu, tiga, lima, tujuh, sembilan, sebelas dan tiga belas. Dipilih nilai ganjil untuk menghindari kesamaan kedekatan pada dua titik yang berbeda kelas. Karena KNN akan mengklasifikasikan berdasarkan *voting* kelas terbanyak. Dari pengujian tersebut didapatkan nilai akurasi rata-rata untuk setiap nilai K yang ditentukan. Hasil klasifikasi dengan nilai K yang berbeda ditunjukkan pada Tabel 2. Hasil pengujian dengan K=1, K=3, K=5, K=7, dan K=9, K=11 dan K=13 memperoleh nilai rata-rata akurasi 80%

Tabel 2. Hasil pengujian klasifikasi dengan nilai K yang berbeda

Nilai K	Jumlah data latih	Jumlah data uji	Benar	salah	akurasi
1	210	90	72	18	80%
3	210	90	75	15	83%
5	210	90	73	17	81%
7	210	90	72	18	80%
9	210	90	71	19	79%
11	210	90	71	19	79 %
13	210	90	70	20	78 %
Rata-rata					80 %

Dari semua pengujian dengan variasi nilai K didapatkan nilai akurasi tertinggi 83% terdapat pada nilai K=3. Secara keseluruhan nilai akurasi memiliki nilai mendekati 80%.

SIMPULAN

Kajian ini dapat diambil kesimpulan bahwa metode klasifikasi KNN yang diusulkan dapat melakukan klasifikasi sinyal EEG dengan akurasi kesempurnaan 83% pada nilai ketetanggaan terbaik K=3. Fitur yang diekstraks untuk klasifikasi sinyal Epilepsi menggunakan metode teknik sampling.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada Pimpinan Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang memberikan waktu dan dana untuk penelitian yang peneliti kerjakan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. Mater and S. Universit, “Graph-based analysis of brain resting-state fMRI data in nocturnal frontal lobe epileptic patients,” 2015.

[2] H. Smith, “A review of epileptic drugs,” vol. 81, no. 7, pp. 9–12, 2014.

[3] M. A. El-masry, Z. A. Mohammad, G. A. Shehata, and H. M. Ghanem, “Effect of Implementing a Designed Nursing Protocol on Nurses ’ Knowledge and Practice Regarding Epileptic Patients Outcomes Abstract : Tools : The aims of the study : Hypothesis :,” no. June, pp. 139–146, 2013.

[4] “Electroencephalography (eeg),” no. 5, 2006.

[5] E. Diagnosis, M. Of, and P. With, “EEG IN THE DIAGNOSIS , CLASSIFICATION , AND MANAGEMENT OF PATIENTS WITH EPILEPSY,” 2005.

[6] A. Bragin, I. Mody, C. L. Wilson, and J. E. Jr, “Local Generation of Fast Ripples in Epileptic Brain,” vol. 22, no. 5, pp. 2012–2021, 2021.

[7] W. Klimesch, S. Hanslmayr, P. Sauseng, W. R. Gruber, and M. Doppelmayr, “P1 and Traveling Alpha Waves : Evidence for Evoked Oscillations,” pp. 1311–1318, 2020.

[8] T. American, P. Society, I. Introduction, A. Synchronization, and B. Thalamocortical, “Physiological Reviews,” vol. 68, no. 3, 2020.

[9] R. J. Oweis and E. W. Abdulhay, “Seizure classification in EEG signals utilizing Hilbert-Huang transform,” pp. 1–15, 2011.

[10] U. Seneviratne, D. Reutens, and W. D. Souza, “Stereotypy of psychogenic nonepileptic seizures : Insights from video-EEG monitoring,” vol. 51, no. 7, pp. 1159–1168, 2010.

[11] U. G. Mada, “Classification of Human Concentration in EEG Signals using Hilbert Huang Transform,” pp. 1–11.

[12] R. Aliabadi, F. Keynia, and M. Abdali, “Epilepsy Seizure Diagnosis in EEG by Artificial Neural Networks,” vol. 2, no. 2, pp. 1–6, 2013.

[13] M. A. Naderi and H. Mahdavi-nasab, “Analysis and classification of EEG signals using spectral analysis and recurrent neural networks.”

[14] K. Sabancı and M. Koklu, “The Classification of Eye State by Using kNN and MLP Classification Models According to the EEG Signals,” vol. 3, no. 4, pp. 127–130, 2015.

[15] S. Dutta, M. Singh, and A. Kumar, “Biomedical Signal Processing and Control Automated classification of non-motor mental task in electroencephalogram based brain-computer interface using multivariate autoregressive model in the intrinsic mode function domain,” *Biomed. Signal Process. Control*, vol. 43, pp. 174–182, 2018.

[16] P. Alto, P. E. P. Trammell, and A. E. Q. Dam, “United States Patent (19) Date of Patent :,” no. 19, 1998.

[17] M. Ko, A. Majkowski, and R. J. Rak, “A new method of feature extraction from EEG signal for brain- computer interface design,” no. 9, pp. 35–38, 2010.

[18] A. Dİker, E. Bölümü, B. Eren, and E. Üniversitesi, “EKG İşaretinin Makine Öğrenme Yöntemleri ile Sınıflandırılması Classification of ECG Signal by using Machine Learning Methods,” 2018.

[19] A. Yazdani, T. Ebrahimi, and U. Hoffmann, “Classification of EEG Signals Using Dempster Shafer Theory and a K-Nearest Neighbor Classifier,” no. 1, pp. 327–330, 2009.