

ANALISIS RESPON TIDUR SAAT MENDENGARKAN MUSIK KLASIK DAN MUSIK ROCK MELALUI SINYAL EEG MENGGUNAKAN WAVELET TRANSFORM

SLEEP RESPONSE ANALYSIS WHILE LISTENING CLASSIC MUSIC AND ROCK MUSIC THROUGH EEG SIGNAL USING WAVELET TRANSFORM

Olivia Rossiana¹, Inung Wijayanto, S.T., M.T.², Raditiana Patmasari, S.T., M.T.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹rossianaolivia@students.telkomuniversity.ac.id,

²iwijayanto@telkomuniversity.ac.id,

³raditiana@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Ketika mendengarkan musik atau suara tertentu terkadang manusia merasakan suatu emosi dan respon yang berbeda beda, respon ini muncul akibat stimulus dari musik atau suara tersebut, yang mengakibatkan turun naiknya aktivitas otak. Dengan mendengarkan musik saat tidur, akan mempengaruhi tidur seseorang. Untuk dapat mengklasifikasikan aktivitas dan karakteristik otak diperlukan proses pengukuran aktivitas gelombang otak. Dalam tugas akhir ini dilakukan analisa aktivitas otak dengan menggunakan EEG terhadap orang yang tidur dengan mendengarkan musik Dengan menggunakan *Electrocephalography* (EEG) sebagai instrumen untuk menangkap sinyal otak. *Electrocephalography* adalah perangkat yang dapat menangkap aktivitas listrik di otak dan menginformasikan kondisi seperti emosional, kelelahan, kewaspadaan, kesehatan dan tingkat konsentrasi.

Sebelum menganalisis pengaruh suara terhadap aktivitas otak melalui EEG yang dihasilkan pada tugas akhir ini dirancang sistem untuk mengklasifikasikan kondisi nyenyak tidur seseorang ketika diberikan rangsangan suara berdasarkan analisis sinyal delta dan theta dengan menggunakan EEG. Ekstraksi ciri yang digunakan yaitu *Discrete Wavelet Transform* dan *K-Nearest Neighbor* (KNN) untuk klasifikasi.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kanal terbaik terdapat pada kanal AF8 pada sinyal delta dengan akurasi 96%, 29 data dari 30 data dapat mengenali sistem dengan baik dan theta dengan akurasi 93%, 28 data dari 30 data dapat mengenali sistem dengan baik.

Kata Kunci: *Electrocephalography, Discrete Wavelet Transform, KNN*

Abstract

When listening to certain music or sounds sometimes humans feel different emotion and response, this response arises from the stimulus from the music or sound. By listening music while sleeping will affect a person's sleep. To classify the brain activity it required process of measurement of brain wave activity. In this final project conducted analysis of brain activity by using EEG based on people who sleep while listening music by using EEG as an instrument to capture brain signals. EEG is a device that can capture electrical activity in the brain and inform conditions such as emotional, fatigue, health and concentration levels.

Before analyzing the effect from the given stimulus on brain activity through EEG. In this final project been designed system to classify the sleep response while listening music classic and music rock based on delta and theta signal using EEG. Discrete Wavelet Transform and K-Nearest Neighbor (KNN) for classification. The test result show that the best channel is on AF8 channel on the delta signal with 96% accuracy, 29 data from 30 data can recognize the system well and theta signal with 93% accuracy, 28 data from 30 data can recognize the system well.

Keywords : *Electrocephalography, Discrete Wavelet Transform, KNN*

1 Pendahuluan

Tidur adalah cara alami manusia untuk mengistirahatkan tubuh. Memperbaharui sel sel yang rusak dan memulihkan energi, ketika tidur terjadi di otak terdiri dari beberapa tahapan yang dinamakan siklus tidur dan saat manusia melakukan suatu aktifitas seperti mendengarkan musik saat tidur atau suara pada frekuensi tertentu otak akan beraktivitas dan menghasilkan sinyal yang dapat mempengaruhi emosi dan respon saat tidur. [1]

Electroencephalography (EEG) telah digunakan sebagai alat diagnostik oleh kedokteran. Sementara aplikasi lebih luas dari EEG adalah untuk mendeteksi pola pikiran atau kondisi mental seseorang. Pengamatan visual terhadap sinyal EEG secara langsung sangat sukar mengingat amplitudo sinyal EEG demikian rendah dan polanya yang sangat kompleks. Disamping itu sinyal EEG amat dipengaruhi oleh berbagai variabel, antara lain kondisi mental, kesehatan, aktivitas dari responden, lingkungan perekaman, gangguan listrik dari organ tubuh lain, dan rangsangan luar. Sifat sinyal EEG pada umumnya adalah *non-stasioner* dan *random* sehingga menambah kompleksitas dalam pengolahan sinyal EEG. Namun demikian, dari sinyal EEG terdapat perubahan variabel tertentu yang dapat menerangkan fungsi kerja dari otak dan menangkap perubahan aktifitas otak terhadap variabel yang bersangkutan. Kemudian kita dapat mengetahui apa pengaruh dari stimulasi yang diterima dari seseorang terhadap emosi yang dihasilkan. [2]

Oleh karena itu representasi sinyal EEG ke dalam domain frekuensi banyak dilakukan dalam penelitian yang berhubungan dengan analisis sinyal EEG. Representasi dalam domain frekuensi antara lain untuk mencari kemunculan gelombang tertentu [2] Otak terdiri dari jutaan neuron yang menghasilkan kekuatan elektrik yang direpresentasikan dalam bentuk sinyal elektrik [3] EEG merekam sinyal otak atau *brainwave* dalam bentuk grafik yang dimana memuat banyak informasi tentang aktifitas otak yang dihasilkan. sinyal elektrik yang dihasilkan oleh otak melakukan proses pengiriman informasi dan direpresentasikan dalam bentuk gelombang. Data pola sinyal EEG yang dihasilkan belum diketahui bentuk maupun posisi keberadaannya dikarenakan pola sinyal dan respon otak berbeda beda dari mendengarkan musik rock dan musik klasik, oleh karena itu diperlukan metode sinyal pengolahan EEG yang dapat mempolakan aktivitas otak secara spesifik.

Pada tugas akhir ini di bangun sebuah sistem yang kemudian akan di analisis respon otak terhadap pengaruh musik terhadap aktivitas otak berdasarkan ciri EEG yang dihasilkan dengan menggunakan *Discrete Wavelet Transform* sebagai *Feature Extraction* atau ekstraksi ciri dan KNN untuk proses klasifikasinya. Selain itu metode ini sesuai untuk sinyal *non stasioner*.

2 Dasar Teori

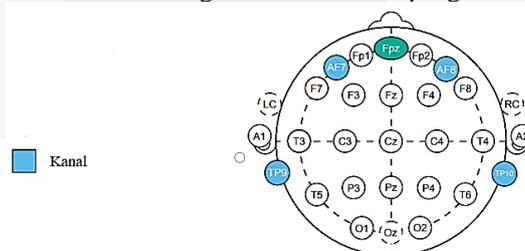
2.1 Electroencephalography

Electroencephalography (EEG) adalah suatu metode untuk merekam aktivitas elektrik di sepanjang kulit kepala dengan mengukur fluktuasi tegangan yang dihasilkan arus ion di dalam neuron otak [7]



Gambar 2.1 Alat Muse Headband

Gambar 2.1 Muse Headband merupakan alat yang digunakan dalam tugas akhir ini, dimana terdapat 4 elektroda atau 4 kanal. Pengambilan data atau pengambilan



Gambar 2.2 Posisi peletakkan elektroda di kepala manusia pada Muse Headband

Gambar 2.2 menjelaskan posisi peletakkan elektroda Muse Headband pada otak manusia. Muse Headband memiliki frekuensi sampling 256Hz

2.1 Brainwave

Berdasarkan frekuensi, amplitudo tegangan, dan kondisi objek, sinyal EEG dapat dibagi menjadi 4 gelombang, yaitu gelombang delta (kurang dari 4 Hz), theta (4 – 7 Hz), alpha (8 – 12 Hz), dan beta (13 – 49 Hz) gamma (20-40 Hz) [9]

2.1.1 Sinyal Theta

Sinyal *theta* adalah gelombang otak berfrekuensi antara 4 – 8 Hz. Manusia menghasilkan gelombang ini saat tidur ringan atau mengantuk. Dengan gelombang ini, manusia terhubung dengan otak bawah sadar. Sinyal *theta* muncul pada seseorang yang mengalami stress secara emosional [13]

2.1.2 Sinyal Delta

Sinyal *Delta* adalah gelombang otak berfrekuensi antara 0,5 – 4 Hz. Manusia menghasilkan gelombang ini saat tertidur lelap, tanpa mimpi. Fase ini merupakan fase istirahat bagi tubuh dan pikiran. Keadaan manusia pada saat fase ini ialah kondisi manusia tidak sadar diri.

2.2 Tidur

Aktifitas otak dapat dicirikan dan dilihat dari frekuensi, amplitudo, dan melalui pita gelombang. EEG tidur manusia memiliki pola gelombang karakteristik sesuai dengan setiap tahap tidur. Terdapat dua fase utama tidur, yaitu *Non-Rapid Eye Movement* (NREM) dan *Rapid Eye Movement* (REM). [12]

2.2.1 NREM

Tidur NREM ditandai dengan penurunan aktivitas fisiologis. Ketika tidur semakin dalam, gelombang otak yang diukur dengan EEG menjadi lebih lambat dan memiliki amplitudo yang lebih besar, napas dan detak jantung ikut melambat, dan penurunan tekanan darah. Fase NREM terdiri dari empat tahap [12]

-Tahap 1 adalah waktu mengantuk atau transisi dari bangun sampai tertidur. Gelombang otak dan aktivitas otak mulai melambat selama tahap ini. Orang-orang di tahap pertama ini biasanya mengalami otot yang tiba tiba tersentak, dan merasakan sensasi jatuh dan terjadi selama 1-10menit.

-Tahap 2 adalah periode dimana mulai memasuki fase tidur ringan dan pergerakan mata mulai terhenti. Gelombang otak menjadi lebih lambat, dengan sesekali adanya gelombang yang disebut sleep spindles. Otot pun menjadi lebih rileks dan denyut jantung mulai melambat dan temperatur tubuh mulai menurun dan terjadi selama 20menit.

-Tahap 3 dan 4 atau biasanya disebut tahap tidur dengan gelombang lambat atau biasa disebut delta sleep atau deep sleep. Terjadi selama 35 sampai 45 menit. Gelombang otak melambat pada tahap ini biasanya susah untuk terbangun.

2.2.2 REM

Tidur REM adalah periode aktif tidur yang ditandai dengan aktivitas otak yang kuat. Gelombang otak yang semakin cepat dan tidak sinkron. Hampir mirip dengan keadaan sadar. Pernafasan menjadi lebih cepat, tidak teratur dan dangkal; pergerakan mata bergerak ke berbagai arah dan otot merasa seperti lumpuh sementara denyut jantung meningkat dan tekana darah meningkat. Ini juga merupakan tahap dimana sebagian besar mimpi terjadi. [12]

Siklus tidur lengkap terdiri dari siklus NREM dan REM yang bergantian setiap 90 hingga 110 menit dan diulang empat hingga enam kali per malam. Orang dewasa rata rata menghabiskan setengah dari total tidur harian di tidur tahap 2, sekitar 20% tidur REM, tetapi waktu yang dihabiskan tidak konstan saat tidur terjadi. Biasanya terjadi setelah tidur selama kurang lebih 90 menit. [12]

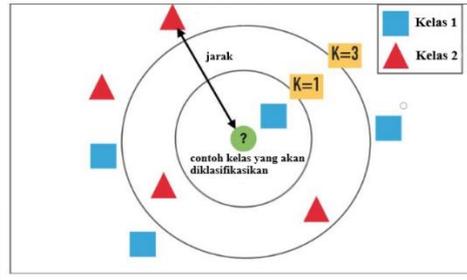
2.3 Discrete Wavelet Transform

Wavelet merupakan salah satu metode ekstraksi ciri yang biasa digunakan pada sinyal. Pada Tugas akhir ini akan digunakan *Discrete Wavelet Transform* sebagai metode ekstraksi ciri. *Discrete Wavelet Transform* mempunyai kemampuan untuk menganalisis sinyal *single* dan *multidimensional*, terutama jika sinyal tersebut memiliki informasi yang berbeda-beda di tiap waktunya. Representasi *Discrete Wavelet Transform* adalah *multiscale* dari dekomposisi *sinyal*, yang dapat kita anggap sebagai pohon, dimana di tiap level menyimpan proyeksi sinyal ke dalam fungsi basisnya ke dalam resolusi tertentu atau dengan kata lain *wavelet* mengubah nilai menjadi koefisien tertentu. [14]

Kemampuan DWT yang dapat menganalisis waktu secara simultan membuat DWT dapat digunakan sebagai *tool* untuk menganalisis fenomena yang bersifat transien, non stasioner, atau berubah terhadap waktu [14]

2.4 K-Nearest Neighbour

Algoritma k-nearest neighbor (KNN) merupakan sebuah algoritma untuk melakukan klasifikasi terhadap objek berdasarkan data pembelajaran yang jaraknya paling dekat dengan objek tersebut [16]



Gambar 2.3 Klasifikasi KNN

3 Hasil dan Pembahasan

Tahap klasifikasi dilakukan dari 30data uji. 20 data latih dan 10 data uji. Pelatihan data yang dilakukan adalah untuk mendapatkan nilai K dan parameter ciri terbaik untuk performansi sistem. Berikut adalah hasil pelatihan.

Parameter/k	1	3	5	7	9	rata-rata
MAX	100%	83%	73%	68%	72%	79%
MIN	100%	70%	73%	70%	70%	77%
MEAN	100%	80%	73%	75%	68%	79%
STD	100%	83%	82%	80%	80%	85%
VAR	100%	83%	80%	80%	78%	84%
ENT	100%	92%	90%	88%	88%	92%

THETA

Parameter/k	1	3	5	7	9	rata-rata
MAX	100%	83%	80%	75%	72%	82%
MIN	100%	82%	78%	77%	75%	82%
MEAN	100%	68%	68%	62%	67%	73%
STD	100%	88%	88%	88%	88%	91%
VAR	100%	88%	88%	88%	88%	91%
ENT	100%	90%	88%	90%	92%	92%

Tabel 3.1 Pelatihan pada kanal AF7

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa untuk kanal AF7 pada sinyal delta K terbaik yaitu pada 1 dan ciri sinyal terbaik adalah ent std dan var. Maka pada pengujian kanal AF7 akan digunakan K=1 dan ciri ent std dan var. Untuk kanal AF7 pada sinyal theta K terbaik yaitu pada 1 dan ciri sinyal terbaik ent std dan var. Maka pada pengujian kanal AF7 akan digunakan K=1 dan ciri ent std dan var.

DELTA

Parameter/k	1	3	5	7	9	rata-rata
MAX	100%	83%	82%	77%	78%	84%
MIN	100%	82%	80%	82%	82%	85%
MEAN	100%	85%	85%	85%	85%	88%
STD	100%	90%	85%	78%	78%	86%
VAR	100%	90%	87%	83%	80%	88%
ENT	100%	93%	83%	83%	83%	89%

THETA

Parameter/k	1	3	5	7	9	rata-rata
MAX	100%	83%	80%	80%	80%	85%
MIN	100%	78%	77%	77%	77%	82%
MEAN	100%	62%	55%	53%	52%	64%
STD	100%	88%	88%	80%	78%	87%
VAR	100%	88%	88%	82%	82%	88%
ENT	100%	93%	85%	85%	85%	90%

Tabel 3.2 Pelatihan pada kanal AF8

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa untuk kanal AF8 pada sinyal delta K terbaik yaitu pada 1 dan ciri sinyal terbaik ent mean dan var. Maka pada pengujian kanal AF7 akan digunakan K=1 dan ciri ent mean dan var. Untuk

kanal AF8 pada sinyal theta K terbaik yaitu pada 1 dan ciri sinyal terbaik ent std dan var. Maka pada pengujian kanal AF7 akan digunakan K=1 dan ciri ent mean dan var.

Parameter/k	1	3	5	7	9	rata-rata
MAX	100%	58%	60%	47%	43%	62%
MIN	100%	70%	67%	67%	67%	74%
MEAN	100%	70%	68%	67%	68%	75%
STD	100%	72%	65%	67%	63%	73%
VAR	100%	73%	63%	65%	63%	73%
ENT	100%	70%	70%	70%	65%	75%

THETA

Parameter/k	1	3	5	7	9	rata-rata
MAX	100%	80%	72%	63%	62%	75%
MIN	100%	70%	67%	62%	62%	72%
MEAN	100%	63%	53%	50%	47%	63%
STD	100%	78%	70%	70%	70%	78%
VAR	100%	78%	70%	70%	70%	78%
ENT	100%	70%	70%	70%	65%	75%

Tabel 3.3 Pelatihan pada kanal TP9

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa untuk kanal TP9 pada sinyal delta K terbaik yaitu pada 1 dan ciri sinyal terbaik ent mean dan min. Maka pada pengujian kanal AF7 akan digunakan K=1 dan ciri ent mean dan min. Pada sinyal theta K terbaik yaitu pada 1 dan ciri sinyal terbaik std ent dan var. Maka pada pengujian kanal AF7 akan digunakan K=1 dan ciri ent std dan var.

DELTA

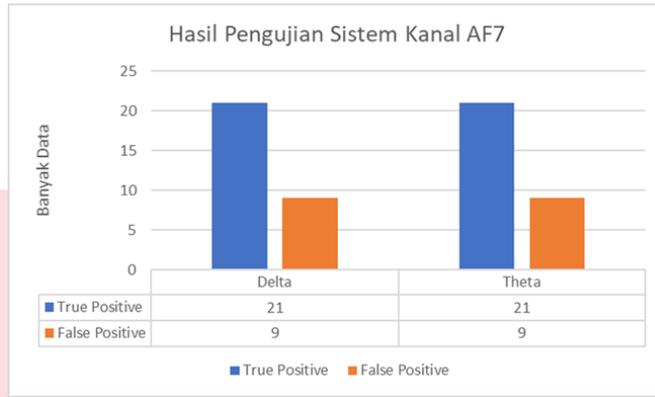
Parameter/k	1	3	5	7	9	rata-rata
MAX	100%	63%	58%	57%	53%	66%
MIN	100%	77%	68%	62%	63%	74%
MEAN	100%	73%	73%	63%	67%	75%
STD	100%	70%	62%	60%	60%	70%
VAR	100%	70%	60%	62%	60%	70%
ENT	100%	85%	78%	75%	73%	82%

THETA

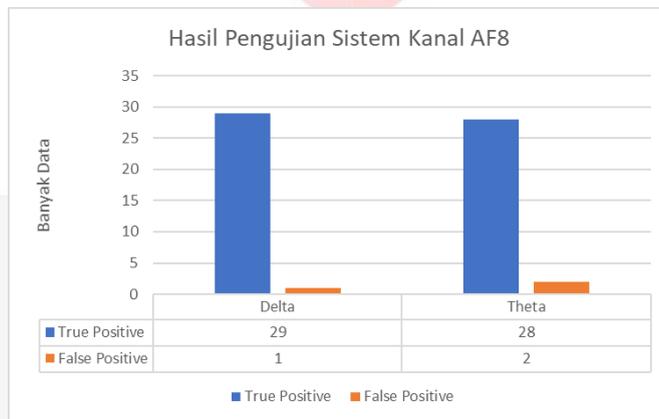
Parameter/k	1	3	5	7	9	rata-rata
MAX	100%	77%	75%	65%	60%	75%
MIN	100%	73%	65%	67%	67%	74%
MEAN	100%	67%	53%	52%	52%	65%
STD	100%	80%	67%	68%	68%	77%
VAR	100%	80%	65%	68%	68%	76%
ENT	100%	85%	78%	75%	73%	82%

Tabel 3.4 Pelatihan pada kanal TP10

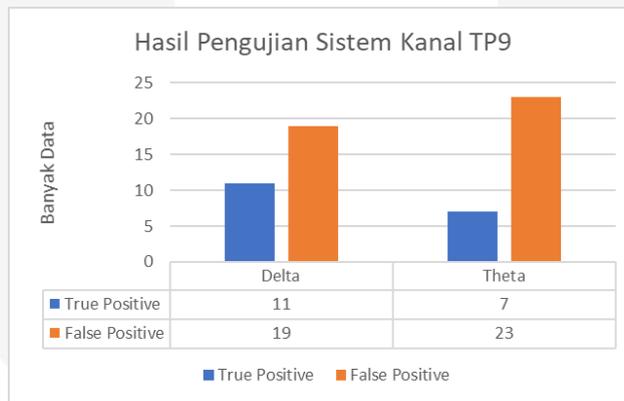
Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa untuk kanal TP10 pada sinyal delta K terbaik yaitu pada 1 dan ciri sinyal terbaik min mean dan ent. Maka pada pengujian kanal AF7 akan digunakan K=1 dan ciri min mean dan var. Pada sinyal theta K terbaik yaitu pada 1 dan ciri sinyal terbaik ent std dan var. Maka pada pengujian kanal AF7 akan digunakan K=1 dan ciri ent std dan var.



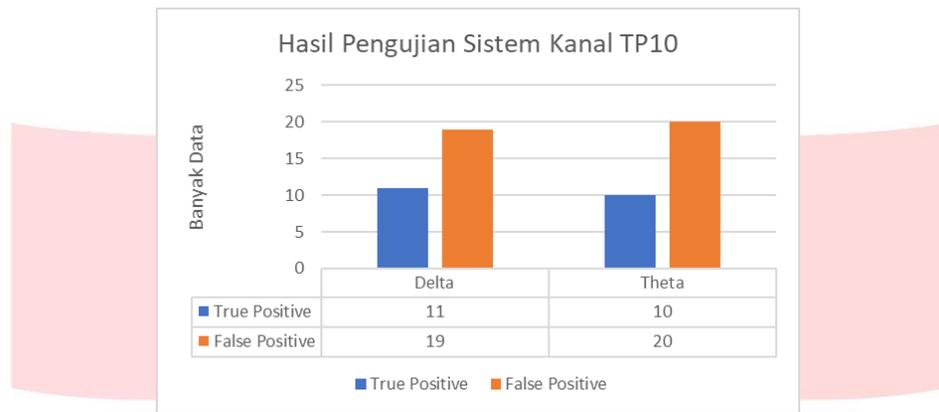
Gambar 3.1 Hasil Pengujian Kanal AF7 pada sinyal delta dan theta



Gambar 3.2 Hasil Pengujian Kanal AF8 pada sinyal delta dan theta



Gambar 3.3 Hasil Pengujian Kanal TP9 pada sinyal delta dan theta



Gambar 3.4 Hasil Pengujian Kanal TP10 pada sinyal delta dan theta

Berdasarkan hasil pengujian sistem tiap kanal AF7 diujikan dengan nilai K dan parameter ciri terbaik yang didapatkan dari hasil pelatihan. Pada kanal AF7 pada sinyal delta didapatkan akurasi sebesar 70% dari 30 data, 8 data terdeteksi nyenyak tanpa musik, 10 data terdeteksi nyenyak dengan musik dan 3 data terdeteksi tidak nyenyak dengan musik dan 9 salah deteksi. Pada sinyal theta akurasi sebesar 70% dari 30 data, 10 data terdeteksi nyenyak tanpa musik, 10 data terdeteksi nyenyak dengan musik dan 1 data terdeteksi tidak nyenyak dengan musik dan 9 data salah deteksi. Pada kanal AF8 pada sinyal delta didapatkan akurasi sebesar 96% dari 30 data, 10 data terdeteksi nyenyak tanpa musik, 9 data terdeteksi nyenyak dengan musik, 10 data terdeteksi tidak nyenyak dengan musik dan 1 data salah deteksi. Pada sinyal theta didapatkan akurasi sebesar 93% dari 30 data, 9 data terdeteksi nyenyak tanpa musik, 9 data terdeteksi nyenyak dengan musik, 10 data terdeteksi tidak nyenyak dengan musik dan 2 data salah deteksi. Pada kanal TP9 pada sinyal delta didapatkan akurasi sebesar 36% dari 30 data, 9 data terdeteksi nyenyak tanpa musik, 0 data terdeteksi nyenyak dengan musik, 2 data terdeteksi tidak nyenyak dengan musik dan 19 data salah deteksi. Pada sinyal theta akurasi sebesar 23% dari 30 data, 6 data terdeteksi nyenyak tanpa musik, 0 data terdeteksi nyenyak dengan musik, 1 data terdeteksi tidak nyenyak dengan musik dan 23 data salah deteksi. Pada kanal TP10 pada sinyal delta didapatkan akurasi sebesar 36% dari 30 data, 10 data terdeteksi nyenyak tanpa musik, 0 data terdeteksi nyenyak dengan musik, 1 data terdeteksi tidak nyenyak dengan musik dan 19 data salah deteksi. Pada sinyal theta akurasi sebesar 33% dari 30 data, 9 data terdeteksi nyenyak tanpa musik, 0 data terdeteksi nyenyak dengan musik, 1 data terdeteksi tidak nyenyak dengan musik dan 20 data salah deteksi.

5 Analisis

Pada perbandingan pola sinyal kondisi tidur normal dan pada saat tidur dengan mendengarkan musik klasik dan pada saat tidur mendengarkan musik rock, untuk sinyal *delta* ketiga kondisi tersebut memiliki frekuensi kerja yang sama pada semua kanal, sedangkan untuk sinyal *theta* pada ketiga kondisi tersebut memiliki frekuensi kerja yang berbeda dan perbedaan terbesar berada pada kanal TP. Hal tersebut dikarenakan frekuensi *delta* dan *theta* berada pada frekuensi rendah sehingga tidak terlalu berpengaruh pada kondisi seseorang ketika diberikan stimulus musik.

Berdasarkan hasil pelatihan sistem, pada 4 kanal yang telah dilatih AF7, AF8, TP9 dan TP10 menunjukkan bahwa nilai $K=1$ merupakan jarak terbaik. Hal ini menunjukkan bahwa jarak terbaik didapat ketika data dibandingkan dengan tetangga yang paling dekat. Ketika nilai K besar, data akan dibandingkan dengan tetangga yang lebih jauh sehingga semakin besar nilai K maka akan semakin kecil akurasi yang dihasilkan. Pada parameter kedua yaitu melatih parameter ciri untuk mendapatkan parameter terbaik di pengujian sistem. Parameter yang diuji adalah nilai mean, min, max, stdev, entropy dan variansi. Parameter parameter tersebut kemudian dilatih satu per satu di tiap kanal untuk melihat parameter mana yang paling optimum di kanal tersebut. Setelah akurasi didapatkan dipilih 3 parameter ciri terbaik dari hasil pelatihan. Hasil pelatihan parameter ciri menunjukkan bahwa parameter ciri yang terbaik tiap kanal berbeda beda.

Berdasarkan hasil pengujian diatas dapat diketahui bahwa pengujian terbaik terdapat pada kanal AF8. Adapun terjadi penurunan akurasi yang sangat signifikan di kanal TP9 dan TP10 yang dipengaruhi oleh berbagai variabel seperti pergerakan tubuh sehingga mengurangi sensitivitas elektroda yang terpasang.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pelatihan menunjukkan bahwa akurasi terbesar didapatkan saat nilai $K=1$ untuk setiap sinyal delta dan theta dengan akurasi 100% pada semua kanal, maka nilai $K=1$ akan digunakan dalam pengujian.
2. Hasil pelatihan menunjukkan parameter ciri terbaik berbeda beda berdasarkan kanal yang di latih. Didapatkan pada kanal AF7 sinyal delta ciri terbaik nya adalah std, var dan ent. Pada sinyal theta std, var dan ent. Pada

kanal AF8 sinyal delta ciri terbaik nya adalah mean, var dan ent. Pada sinyal theta std, var dan ent. Pada kanal TP9 sinyal delta ciri terbaik nya adalah mean, min dan ent. Pada sinyal theta adalah std, var dan ent. pada kanal TP10 sinyal delta ciri terbaik nya adalah mean, min, ent dan pada theta adalah std, var dan ent.

3. Akurasi terbesar didapatkan saat menggunakan $K=1$ dengan parameter mean var ent pada sinyal delta dan std var ent pada sinyal theta dengan akurasi sebesar 96 % untuk delta dan 93% untuk theta.
4. Respon tidur saat partisipan tidur menunjukkan bahwa tidur dengan musik rock menunjukkan tidurnya tidak nyenyak.

5.2 Saran

1. Gunakan sinyal EEG lainnya seperti gamma, theta, dan delta untuk percobaan serta gunakan ciri statistik lainnya untuk mendapatkan performa yang lebih baik.
2. Perbanyak jumlah data latih pada tiap kelas agar network dapat mengenali data lebih baik lagi
3. Membuat standar pengambilan data EEG mengingat sinyal EEG bersifat non-stationer dan non-universal.
5. Menggunakan Sound Pressure Level dalam pengambilan data
6. Lakukan Cross Fold Validation pada setiap data latih data dan data uji unuk memastikan data yang digunakan valid.

Daftar Pustaka

- [1] Štolc S., A. Krakovská, M. Teplan, "Audiovisual Stimulation of Human Brain Linear and Nonlinear Measures", MEASUREMENT SCIENCE REVIEW, Volume 3, Section 2, 2003.
- [2] Oohashi T. E. Nishina, N. Kawai "High Frequency Sound Above the Audible Range Affects Brain Electric Activity and Sound Perception" Presentation at the 91st Convention an Audio Engineering Society, New York, 1991
- [3] Z H. Murat, M. N. Taib, S. Lias, R. S. S. A. Kadir, N. Sulaiman, and M. Mustafa, "EEG Analysis for Brainwave Balancing Index (BBI)," 2010 2nd Int. Conf. Comput. Intell. Commun. Syst. Netw., pp. 389–393, Juli. 2010
- [4] Liza, dr.. "Otak Manusia, Neurotransmitter dan Stress,".Dinas Kesehatan Kabupaten Cirebon. Diakses April 2018.
- [5] Dhariya, Subhanshu. "Human Emotion Detection System Using EEG Signals". International KIET Journal of Software and Communication Technologies (IKJSCT). Volume 1, Issue 1, pp: 25-30, 2013
- [6] Husheng Lu, Mingshi Wang and Hongqiang Yu, "EEG Model and Location in Brain when Enjoying Music", in proceedings of the 2005 IEEE in Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference Shanghai, 2005, pp. 2695-2698.
- [7]. T. Kayikcioglu, M. Maleki and K. Eroglu, "Fast and Accurate PLS-Based Classification of EEG Sleep Using Single Channel Data," *Expert System with Applications*, pp. 7825-7830, 2015.
- [8] <http://developer.choosemuse.com/hardware-firmware/hardware-specifications>. Diakses juni 2018
- [9] K. A. I. Aboalayon, H. T. Ocbagabir and M. Faezipour, "Efficient Sleep Stage Classification Based on EEG Signals," *Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 2014.
- [11] T. N. Azhar, "Pelatihan EEG," 2017
- [12] National Institute of Neurological Disorders and Stroke (NINDS) Brain Basics: Understanding Sleep Available at http://www.ninds.nih.gov/disorders/brain_basics/understanding_sleep.htm. Diakses Juli, 2018
- [13] N. Inc., *Brainwave Signal (EEG) of Neurosky, Inc.* Neurosky, Inc., 2009
- [14] Hindarto, Klasifikasi Sinyal Elektrode Encephalo Graph (EEG) Menggunakan Metode Wavelet, Sidoarjo: Universitas Muhammadiyah, 2010.
- [15] A. Graps, "An introduction to wavelets," *Hewlett-Packard Labs, Bristol, UK, Tech. Rep. HPL-92-124*, vol. 2, pp. 1–29, 1992.
- [16] R. A. Johnson and D. W. Wichern, *K-Nearest Neighbor Algorithms for Classification and Prediction*. Pearson, 2007