

KLASIFIKASI KELELAHAN OTAK PADA GAMER BERBASIS EEG MENGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN PROPAGASI BALIK

BRAIN FATIGUE CLASSIFICATION FOR GAMER BASED ON EEG USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK BACK PROPAGATION

Fadlillah Muharam Saeful ¹, Achmad Rizal S.T., M.T.², Rheza Faurizki Rahayu S.T., M.Eng.³

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

¹fadlillahmsh@students.telkomuniversity.ac.id, ²achmadrizal@telkomuniversity.ac.id,

³rhezafrahayu@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Bermain video game memiliki dampak baik dan buruk pada otak manusia terutama dari segi perhatian, emosi dan kognitif. Secara tidak langsung video game menyerap perhatian lebih banyak dari biasanya dan menyebabkan otak melakukan kinerja lebih pada bagian visual. Hal tersebut mempengaruhi kondisi kognitif otak dan menyebabkan otak mengalami kelelahan yang meningkat secara periodik. Oleh karena itu penting dilakukan suatu klasifikasi dari indikasi kelelahan otak saat bermain video game. Sistem dirancang untuk dapat mengkategorikan indikasi dari kelelahan otak yang terjadi pada gamer dengan menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation. Sistem yang digunakan pada tugas akhir ini berdasar pada sistem Electroencephalography (EEG). Masukan sistem merupakan sinyal yang didapat dari pengukuran menggunakan EEG pada kepala bagian Pre-Frontal Cortex (PFC) yang kemudian sinyal tersebut dijadikan data latih dan data uji. Tahap awal pada sistem adalah pre-processing pada data latih dan data uji. Kemudian data tersebut diekstraksi cirinya dengan metode Shannon Entropy (SE). Setelah ciri didapat, kemudian ciri tersebut diklasifikasi dengan algoritma Jaringan Syaraf Tiruan (JST) Backpropagation. Output sistem berupa nilai akhir dari proses feedforward JST dengan bobot yang sudah diperbarui. Dari pengujian proses klasifikasi yang dilakukan, sistem menghasilkan nilai keberhasilan klasifikasi sebesar 43,33% Namun sistem belum dapat dikatakan baik dikarenakan pada proses pengujian untuk kategori B nilai keberhasilan sebesar 20% dan kategori C sebesar 10%..

Kata kunci: *Video game, Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation, Shannon Entropy, Pre-Frontal Cortex, Electroencephalography*

Abstract

Playing video games has a positive and negative effects to the human brain, especially in terms of attention, emotion and cognition. Indirectly, video game absorb an attention more than usual and cause the brain to do more on the visual parts. It affects the cognitive state of the brain and cause brain fatigue that increases periodically. It is therefore important to do a classification of brain fatigue while playing video games. the system is designed to be able to categorize the indication of brain fatigue that affects on gamers using Artificial Neural Network Backpropagation. the system is also designed based on Electroencephalography (EEG). Input system is a signal which obtained from the measurement using EEG from Pre-Frontal Cortex (PFC) and then that signals are used as training data and test data. The initial stage of the system is a pre-processing the training data and test data. then data would be extracted using Shannon Entropy (SE) method. After the feature obtained, that feature would be classified by Artificial Neural Network (ANN) Backpropagation algorithm. Output system is a final value from the feedforward process of neural network with weights that have been updated. After a testing process, the system is generates an overall accuracy value of 43,33%. But the system is not good enough because the testing process for category B accuracy values is 20% and category C accuracy values is 10%.

Keywords: *Video game, Artificial Neural Network Backpropagation, Shannon Entropy, Pre-Frontal Cortex, Electroencephalography.*

1. Pendahuluan

Dewasa ini penciptaan video game tidak hanya ditujukan untuk media hiburan saja melainkan juga diperuntukan sebagai media pendidikan bagi berbagai kalangan khususnya bagi anak anak dan remaja. Penelitian mengenai dampak dari bermain video games menunjukkan hasil baik positif dan juga negatif. Pada suatu penelitian ditunjukkan bahwa hanya dalam 10-20 menit bermain video game dapat meningkatkan kinerja otak pada rangsangan, kecemasan, reaksi emosional dan secara bersamaan mengurangi kinerja otak pada bagian frontal

lobes. Pelepasan Dopamine saat bermain video game sangat luar biasa, sehingga dapat menyebabkan daerah pre-frontal rusak ^[1]. Bermain video game menciptakan kelelahan otak yang meningkat secara periodik yang bila melebihi kapasitas kemampuan otaknya dapat menyebabkan kerusakan pada otak, bahkan secara psikologis dapat mempengaruhi kecenderungan mental dan secara psikis dapat mempengaruhi sistem kerja dan kestabilan tubuh.

Melihat dari permasalahan yang dijabarkan sebelumnya, diperlukan suatu alternatif yang dapat mencegah terjadinya dampak buruk akibat bermain video game. Salah satu alternatif tersebut adalah dengan mendeteksi suatu indikasi yang menyebabkan kelelahan pada otak ketika bermain video game. Oleh karena itu pada tugas akhir ini dirancang suatu sistem klasifikasi dari kelelahan otak menggunakan algoritma Jaringan Syaraf Tiruan Propagasi Balik dan berbasis metode akuisisi Electroencephalography (EEG) Single Channel.

Fokus dari tugas akhir ini adalah mengidentifikasi ciri dari sinyal otak dalam ranah perbandingan antara tegangan dan waktu yang kemudian diklasifikasikan menjadi tiga kategori yaitu A, B dan C. tiga kategori tersebut digolongkan berdasarkan lamanya subjek bermain game yaitu pada 0 menit, 90 menit dan 180 menit. Keluaran sistem merupakan hasil klasifikasi dengan algoritma JST Propagasi balik yang ditampilkan pada Guide User Interface (GUI) Matlab. Dari hasil analisis dan pengujian yang dilakukan diharapkan tugas akhir ini memiliki keluaran dengan akurasi diatas 80%..

2. Dasar Teori

2.1 Pre Frontal Cortex (PFC)

Pre Frontal Cortex (PFC) merupakan daerah neokorteks otak yang merupakan bagian *Frontal Lobe* pada *Cerebrum*. PFC merupakan bagian penting dalam proses kontrol kognitif yang memungkinkan suatu kebiasaan dan perilaku manusia menjadi bersifat fleksibel dan beragam sehingga daerah ini merupakan posisi yang baik untuk mengkoordinasikan berbagai proses saraf. PFC merupakan kumpulan dari daerah neokorteks yang saling tersambung yang memiliki fungsi untuk mengirim dan menerima proyeksi dari hampir semua kortikal sistem sensorik, sistem motorik, dan berbagai struktur subkortikal ^[2].

2.2 Event Related Potential (ERP)

Event Related Potential (ERP) adalah suatu fluktuasi tegangan signifikan yang dihasilkan dari aktivitas saraf yang dibangkitkan. dibangkitkan oleh rangsangan eksternal ataupun internal. ERPs adalah metodologi yang baik untuk mempelajari aspek proses kognitif dari suatu sifat baik normal maupun abnormal. ERP menjadi suatu parameter pengukuran dalam menentukan waktu aktif dari suatu faktor kognitif setelah diberikan rangsangan.

ERP dapat diukur secara andal menggunakan *Electroencephalography (EEG)*. Gelombang ERP memiliki amplitude yang lebih rendah daripada gelombang *Spontaneous EEG*, sehingga sulit untuk diekstraksi dan dikenali. Gelombang ERP diketahui melalui proses ekstraksi dari proses perekaman tunggal digital secara periodik pada daerah kognitif. Dengan meratakan gelombang *event* yang diperoleh maka akan terlihat suatu fluktuasi yang menunjukkan indikasi dari rangsangan. ^[3]

2.3 Electroencephalography (EEG)

Electroencephalogram adalah sinyal elektrik yang dihasilkan oleh aktivitas kelistrikan otak. *Electroencephalography (EEG)* merupakan suatu metode yang digunakan pada proses pengolahan sinyal medis untuk mendeteksi, mendiagnosa, mengolah dan mengambil data dari aktivitas otak. Sedangkan perangkat yang digunakan untuk mengukur sinyal *Electroencephalogram* adalah *Electroencephalograph*.

Sinyal EEG umumnya berbentuk sinusoidal. Dalam beberapa pengukuran EEG diukur tegangan *peak to peak* dengan rentang antara 0.5 sampai 100 μ V. Rentang tegangan tersebut beragam tergantung individu yang diukur namun memiliki kisaran yang tipis. Untuk mengklasifikasikan sinyalnya EEG dapat diubah dengan transformasi fourier ke domain frekuensi untuk dicari power spektrum dari sinyalnya. EEG umumnya diklasifikasikan menjadi empat katagori yaitu, *Beta* (>13 Hz), *Alpha* (8 – 13 Hz), *Theta* (4-8 Hz), *Delta* (0.5 – 4 Hz). *Electroencephalograph* dibagi menjadi *Multi-Channel* dan *Single-Channel*. *Electroencephalography Single Channel* digunakan untuk menganalisis sederhana seperti perubahan tegangan atau frekuensi akibat suatu rangsangan. ^[5]

2.4 Shannon Entropy (SE)

Entropi adalah sebuah konsep dalam bidang termodinamika, mekanik statistik dan teori informasi. Beberapa konsep entropi memiliki keterkaitan satu sama lain. Salah satu jenis entropi adalah *Information Entropy* atau disebut juga *Shannon Entropy (SE)* untuk menghormati Claude E. Shannon, yang merumuskan banyak ide-ide kunci dari teori informasi. Dalam teori informasi, konsep entropi menggambarkan seberapa banyak informasi yang ada dalam suatu sinyal atau peristiwa. Secara pemahaman intuitif *Shannon Entropy* berkaitan dengan jumlah ketidakpastian suatu peristiwa terkait dengan distribusi probabilitas tertentu ^[6].

Secara fakta *Shannon Entropy* didefinisikan sebagai suatu ukuran rata rata informasi yang berhubungan dengan hasil random. *Shannon Entropy* memiliki beberapa syarat yaitu:

- Pengukuran harus bersifat berlanjut.
- Jika semua hasil bernilai sama, maka entropi bernilai maksimal
- Jika hasilnya sesuatu yang pasti, maka entropi bernilai nol..

2.5 Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan Syaraf Tiruan adalah paradigma pemrosesan suatu informasi yang terinspirasi oleh sistem sel syaraf otak yang memproses suatu informasi. Elemen mendasar dari paradigma tersebut adalah struktur yang baru dari sistem pemrosesan informasi. Jaringan Syaraf Tiruan dibentuk untuk memecahkan suatu masalah tertentu seperti pengenalan pola atau klasifikasi karena proses pembelajaran. Mengadopsi esensi dasar dari system syaraf biologi, syaraf tiruan digambarkan sebagai berikut : Menerima *input* (baik dari data yang dimasukkan atau dari *output* sel syaraf pada jaringan syaraf. Setiap input datang melalui suatu koneksi atau hubungan yang mempunyai sebuah bobot (*weight*). Setiap sel syaraf mempunyai sebuah nilai ambang. Jumlah bobot dari *input* dan dikurangi dengan nilai ambang kemudian akan mendapatkan suatu aktivasi dari sel syaraf. Signal aktivasi kemudian menjadi fungsi aktivasi untuk menghasilkan output dari sel syaraf. ^[7]

2.5.1 Lapisan Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan Syaraf Tiruan mempunyai tiga lapisan yaitu lapisan input yang terhubung dengan lapisan tersembunyi yang selanjutnya terhubung dengan lapisan output. Berikut merupakan aktivitas unit dari setiap lapisan:

- Aktivitas unit-unit lapisan *input* menunjukkan informasi dasar yang kemudian digunakan dalam Jaringan Syaraf Tiruan.
- Aktifitas setiap unit-unit lapisan tersembunyi ditentukan oleh aktivitas dari unit unit *input* dan bobot dari koneksi antara unit-unit *input* dan unit-unit lapisan tersembunyi.
- Karakteristik dari unit-unit output tergantung dari aktifitas unit-unit lapisan tersembunyi dan bobot antara unit-unit lapisan tersembunyi dan unit-unit *output*.

2.5.2 Backpropagation

Backpropagation (BP) merupakan salah satu metode dari pembelajaran terawasi yang tergolong ke dalam jenis *Multiple category Classification*. BP memiliki fungsi untuk mengurangi tingkat *error* dari sistem dengan cara memperbarui bobot. Setelah memilih bobot dari jaringan secara acak, algoritma *backpropagation* digunakan untuk menghitung koreksi pada sistem. ^[8]

2.5.3 Feedforward

Perhitungan Feedforward terdiri dari dua langkah, langkah pertama adalah mendapatkan nilai-nilai neuron pada lapisan tersembunyi dan langkah kedua adalah menggunakan nilai-nilai dari lapisan tersembunyi tersebut untuk menghitung nilai-nilai pada lapisan *output*. Untuk mendapatkan nilai pada neuron digunakan rumus fungsi aktivasi dimana nilai yang dihasilkannya berbeda bergantung pada jenis fungsi aktivasi yang digunakan. Ketika nilai fungsi aktivasi pada lapisan tersembunyi didapatkan maka perhitungan akan merambat pada lapisan berikutnya hingga mencapai lapisan *output*.

2.5.4 Fungsi Aktivasi

Fungsi pemrosesan Jaringan saraf tiruan adalah untuk memperbarui suatu bobot sistem yang berhubungan dan sinyal *input* dan menghasilkan nilai *output* atau nilai aktivasi. Bagi *node input* fungsi aktivasi ini merupakan fungsi identitas. Dalam satu lapisan setiap node memiliki jenis fungsi aktivasi yang sama. Fungsi aktivasi terdiri dari beberapa jenis yaitu fungsi identitas, fungsi biner, fungsi sigmoid biner dan fungsi sigmoid bipolar ^[9]

3. Perancangan Sistem

3.1 Perancangan Algoritma Pre-Processing dan Ekstraksi Ciri

Pre-processing merupakan tahapan dimana sinyal EEG hasil akusisi diolah sedemikian rupa sehingga sinyal dapat diekstraksi pada tahap ekstraksi ciri. Preprocessing yang digunakan meliputi pertama, pemotongan sinyal sepanjang 100 titik *sample* untuk menghilangkan sinyal akibat dari rangsangan awal elektroda dan sebagai

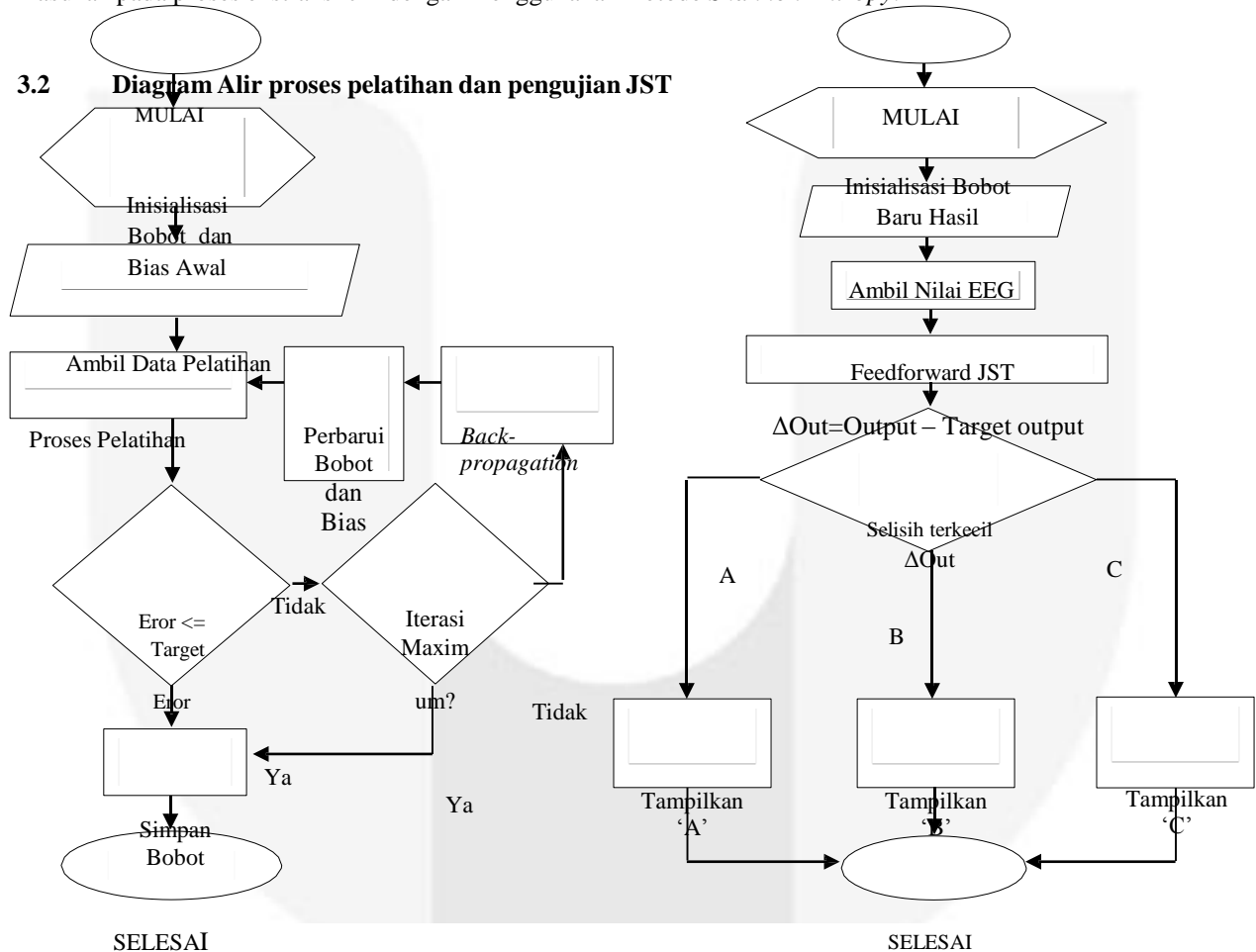
adaptasi proses pengukuran. sinyal yang didapat dari proses akuisisi kemudian diidentifikasi tingkat derau pada sinyalnya. Sinyal yang memiliki rentang *magnitude* dan derau yang kecil maka sinyal dinyatakan bersih dan masuk ke tahap segmentasi. Jika sinyal mengandung derau yang cukup besar maka sinyal terkena interferensi catu daya sebesar 50 Hz dan harus di filter dengan *savitz-golay filter* dengan metode *resampling*. Jika sinyal tidak mengalami *overshoot* maka akan masuk ke tahap segmentasi, namun jika sinyal mengalami *overshoot* maka sinyal akan disaring dengan menggunakan *median filter*. Hasil dari penyaringan pada *median filter* diteruskan pada tahap segmentasi. Pada tahap segmentasi sinyal dipotong menjadi 19 bagian dengan *overlap* sebesar 50%. Lebar *window* yang digunakan pada segmentasi sebesar 20 titik *sample* dari 200 titik *sample*.

$$\text{Lebar Window} = \left(\frac{\text{Rentang Magnitude} \times \text{lebar window}}{100} \right) = \left(\frac{50 \times 20}{100} \right) = 10$$

$$\text{Jumlah Segmen} = \left(\frac{\text{Panjang Sinyal}}{\text{Lebar Window}} \right) - 1 = \left(\frac{200}{10} \right) - 1 = 19$$

Kemudian sinyal yang tersegmentasi kemudian akan dikalikan *window Hanning* dengan N sebagai panjang sinyal tersegmentasi (N=20). Hasil kali sinyal tersegmentasi dengan *window hanning* akan dijadikan masukan pada proses ekstraksi ciri dengan menggunakan metode *Shannon Entropy*.

3.2 Diagram Alir proses pelatihan dan pengujian JST



Gambar 1. (Kiri) Diagram alir pelatihan JST, (Kanan) Diagram alir pengujian JST

3.2 Arsitektur JST

Pada proses perancangan arsitektur JST Backpropagation ini dilakukan proses inialisasi perancangan yaitu jenis arsitektur jaringan yang digunakan adalah feed-forward, lapisan input berjumlah satu sebanyak 19 neuron, lapisan tersembunyi berjumlah satu dengan 10 neuron, lapisan output berjumlah satu dengan satu neuron, fungsi aktivasi yang digunakan adalah sigmoid biner. Pada sistem ini dibuat tiga kategori yang berbeda yaitu JST A dengan target output 0,991, JST B dengan target output 0,993 dan JST B dengan target output 0,995. Selain target output parameter lain yang digunakan sama yaitu epoch maksimal 50000, Mu (Learning rate) sebesar 0,8 dan target eror sebesar 0,000000001. Untuk penentuan nilai inialisasi bobot dan bias awal digunakan algoritma Nguyen Widrow dengan tahapan seperti berikut:

1. Inialisasi bobot v_{ji0} dengan rentang antara $[-0,5, 0,5]$ digunakan v_{j0} sebesar 0,1.
2.
$$\|v_{j0}\| = \sqrt{\sum_{i=1}^n v_{ji0}^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^{19} 0,1^2} = 0,435889894354067$$
3. Faktor skala $= \beta = 0,7 \times p^{(1/n)} = 0,7 \times 10^{(1/19)} = 0,790186524179282$
4. Bobot yang dipakai untuk inialisasi: $V_{ji} = \frac{\beta \times v_{ji0}}{\|v_{j0}\|}$

$$V_{ji} = (0,7901865241793 \times 0,1) / 0,435889894354067 = 0,181281221339$$
5. Bias yang dipakai untuk inialisasi antara $[-\beta, \beta]$ digunakan untuk v_{j0} sebesar 0,790186524179282.

4. Analisis Hasil Pengujian

4.1 Respon Tegangan

Pengujian respon tegangan ini bertujuan untuk melihat karakteristik tegangan dari aktifitas listrik otak pada subjek. Skenario dari pengujian ini adalah dengan meletakkan posisi elektroda pada dua daerah *Pre-Frontal Cortex* yaitu elektroda *input* positif pada Pz1 dan elektroda *input* negatif pada Pz2 sedangkan *ground* pada bagian *Earlobe* di daun telinga. Pengujian ini dilakukan sebanyak 10 kali pada subjek yang sama untuk masing masing periode yang berbeda. Untuk kategori A dilakukan saat tepat sebelum bermain *video game* (0 menit), kategori B setelah 90 menit bermain *video game* dan kategori C setelah 180 menit bermain *video game*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan tegangan yang didapat dari tiga kategori berbeda berdasarkan periode subjek setelah bermain *video game*. Untuk melihat perbandingan tersebut maka dilakukan analisis peak dari sinyal ERP dengan mencari nilai rata rata *local maxima* dan *local minima* dari data yang didapat.

Tabel 1 Perbandingan rata rata Local Maxima setiap sinyal pada masing masing kategori

Data	Kategori A		Data	Kategori B		Data	Kategori C	
	Rata Rata Local Maxima	Rata Rata Local Minima		Rata Rata Local Maxima	Rata Rata Local Minima		Rata Rata Local Maxima	Rata Rata Local Minima
ex11	0,1551	0,1253	ex21	0,1088	0,0930	ex31	0,1221	0,0929
ex12	0,1569	0,1248	ex22	0,0956	0,0814	ex32	0,1256	0,0937
ex13	0,1543	0,1224	ex23	0,0853	0,0703	ex33	0,1416	0,1145
ex14	0,1532	0,1259	ex24	0,0694	0,0551	ex34	0,1289	0,0976
ex15	0,1357	0,1196	ex25	0,0573	0,0456	ex35	0,1423	0,1134
ex16	0,1461	0,1217	ex26	0,0379	0,0270	ex36	0,1542	0,1245
ex17	0,1404	0,1164	ex27	0,1557	0,1319	ex37	0,1514	0,1200
ex18	0,1371	0,1129	ex28	0,1417	0,1186	ex38	0,1416	0,1112
ex19	0,1329	0,1114	ex29	0,1259	0,1077	ex39	0,1490	0,1209
ex110	0,1251	0,1057	ex210	0,0925	0,0794	ex310	0,1891	0,1610

Dari tabel 1 dapat dianalisis bahwa respon tegangan yang dihasilkan sistem terhadap nilai periode waktu yang berbeda itu memiliki perbedaan yang sangat kecil dan sulit untuk dibandingkan. Hal ini dapat dipengaruhi

oleh berbagai faktor yaitu faktor peletakan elektroda pada titik *Pre-Frontal Cortex* (PFC), besar impedansi pada kulit, penguatan dari *Electroencephalograph* yang tidak stabil dan pengaruh derau dari catu daya.

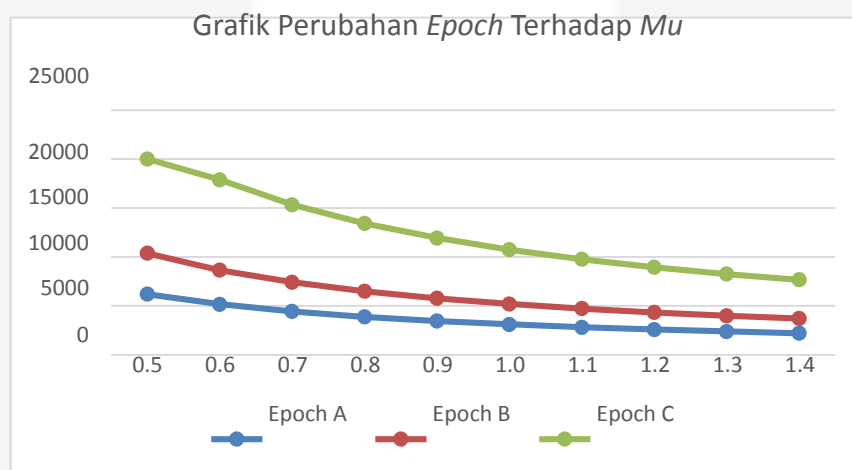
4.2 Learning Rate

Pengujian *Learning rate* bertujuan untuk mengetahui perubahan parameter JST seperti nilai error, jumlah iterasi/*epoch* dan nilai *output* dengan membandingkan beberapa nilai *Mu* atau *Learning Rate* yang berbeda. Berikut merupakan data dari pengujian *Learning Rate* pada ketiga kategori dengan parameter maksimal *epoch* 20000, target error sebesar 0,000000001 dan target *output* [0,98 0,985 0,99].

Tabel 2 Perolehan nilai error dan output node dari masing masing kategori.

No	Mu	A			B			C		
		Output	Error	Epoch	Output	Error	Epoch	Output	Error	Epoch
1	0.5	0,98	9,99E-10	6190	0,985	1,00E-09	10373	0,99	2,04E-09	20000
2	0.6	0,98	9,99E-10	5157	0,985	9,99E-10	8643	0,99	1,00E-09	17881
3	0.7	0,98	9,99E-10	4421	0,985	1,00E-09	7407	0,99	1,00E-09	15325
4	0.8	0,98	9,97E-10	3866	0,985	1,00E-09	6480	0,99	9,99E-10	13409
5	0.9	0,98	9,99E-10	3435	0,985	1,00E-09	5759	0,99	9,99E-10	11918
6	1.0	0,98	9,98E-10	3091	0,985	9,98E-10	5183	0,99	1,00E-09	10727
7	1.1	0,98	9,99E-10	2809	0,985	9,98E-10	4711	0,99	9,99E-10	9750
8	1.2	0,98	9,95E-10	2575	0,985	9,98E-10	4318	0,99	1,00E-09	8936
9	1.3	0,98	9,97E-10	2376	0,985	9,98E-10	3985	0,99	1,00E-09	8248
10	1.4	0,98	9,95E-10	2206	0,985	9,97E-10	3700	0,99	9,99E-10	7659

tabel 2 memperlihatkan perubahan nilai epoch dan nilai error dari terhadap perubahan nilai *learning rate* yang memiliki selisih 0,1. Perubahan yang sangat terlihat adalah pada perubahan *epoch*. Nilai *epoch* atau suatu iterasi akan berhenti ketika nilai error sistem mencapai atau mendekati nilai target error. Pada tabel diperlihatkan selisih dari perubahan nilai *epoch* yang berkurang terhadap nilai *learning rate* yang berubah dalam selisih 0,1. Berikut merupakan grafik perbandingan perubahan nilai epoch terhadap learning rate untuk setiap kategori.



Gambar 2. Grafik perubahan epoch terhadap Mu

gambar 2 menjelaskan bahwa besar nilai epoch untuk ketiga kategori berbeda berdasarkan nilai target output yang dicapainya. Untuk kategori A yang memiliki target output 0,98 memiliki membutuhkan iterasi yang lebih sedikit karena target yang dicapai lebih jauh dari nilai maksimal fungsi aktivasi output yaitu 1. Sedangkan untuk kategori C yang memiliki target output 0,99 membutuhkan lebih banyak iterasi.

4.3 Tingkat Akurasi

Pengujian akurasi bertujuan untuk mengetahui tingkat ketepatan dari algoritma JST *Backpropagation* dalam mengklasifikasikan sinyal EEG yang di dapat. Pengujian ini dilakukan dengan mensimulasikan algoritma

JST pada proses *feedforward* dengan menggunakan bobot bias yang didapat melalui proses pelatihan JST. parameter JST yang digunakan pada pengujian ini tetap namun nilai input yang digunakan berbeda. Data *input* yang digunakan pada pengujian ini merupakan hasil ekstraksi ciri dari sinyal EEG yang diambil pada kelompok waktu yang berbeda yaitu 0 menit, 90 menit, dan 180 menit dengan masing masingnya berjumlah 10 sampel.

Tabel 3 Perbandingan output terhadap target output pada masing masing kategori

Data	Output	Target output	Tingkat akurasi	Tingkat kesalahan
fex11	0,979999949213393	0,9800	99,999994818%	0,000005182%
fex12	0,979999949223056	0,9800	99,999994819%	0,000005181%
fex13	0,979999949217410	0,9800	99,999994818%	0,000005182%
fex14	0,979999949216390	0,9800	99,999994818%	0,000005182%
fex15	0,979999949187983	0,9800	99,999994815%	0,000005185%
fex16	0,979999949160261	0,9800	99,999994812%	0,000005188%
fex17	0,979999948895077	0,9800	99,999994785%	0,000005215%
fex18	0,979999948524669	0,9800	99,999994747%	0,000005253%
fex19	0,979999947929762	0,9800	99,999994687%	0,000005313%
fex110	0,979999943226349	0,9800	99,999994207%	0,000005793%
Rata rata akurasi			99,999994733%	0,000005267%

Tabel 4 Perbandingan output terhadap target output pada masing masing kategori

Data	Output	Target output	Tingkat akurasi	Tingkat kesalahan
fex21	0,985000304701366	0,9850	99,999969066%	0,000030934%
fex22	0,984999452502196	0,9850	99,999944416%	0,000055584%
fex23	0,984991160194018	0,9850	99,999102558%	0,000897442%
fex24	0,984912609410179	0,9850	99,991127859%	0,008872141%
fex25	0,984572447861991	0,9850	99,956593692%	0,043406308%
fex26	0,980957181817747	0,9850	99,589561606%	0,410438394%
fex27	0,985000392391455	0,9850	99,999960163%	0,000039837%
fex28	0,985000392220478	0,9850	99,999960181%	0,000039819%
fex29	0,985000389176895	0,9850	99,999960490%	0,000039510%
fex211	0,984998811189504	0,9850	99,999879309%	0,000120691%
Rata rata akurasi			99,953605934%	0,046394066%

Tabel 5 Perbandingan output terhadap target output pada masing masing kategori

Data	Output	Target output	Tingkat akurasi	Tingkat kesalahan
fex31	0,989999895329805	0,990	99,999989427%	0,000010573%
fex32	0,989999898312301	0,990	99,999989729%	0,000010271%
fex33	0,989999898984640	0,990	99,999989796%	0,000010204%
fex34	0,989999895915492	0,990	99,999989486%	0,000010514%
fex35	0,989999899044571	0,990	99,999989802%	0,000010198%
fex36	0,989999899087225	0,990	99,999989807%	0,000010193%
fex37	0,989999899085950	0,990	99,999989807%	0,000010193%
fex38	0,989999899012661	0,990	99,999989799%	0,000010201%
fex39	0,989999899086569	0,990	99,999989807%	0,000010193%
fex310	0,989999899092415	0,990	99,999989807%	0,000010193%
Rata rata akurasi			99,999989727%	0,000010273%

tabel 3, tabel 4 dan tabel 5 memperlihatkan nilai tingkat akurasi dan tingkat kesalahan dari perbandingan nilai antara *output* dan target *output*. Data menunjukkan nilai rata rata tingkat akurasi katgori A sebesar 99,999994733%., nilai rata rata tingkat akurasi katgori B sebesar 99,953605934% dan nilai rata rata tingkat akurasi

katgori C sebesar 99,999989807315%. Dari data tersebut diperoleh nilai akurasi pendekatan *output* tertinggi terdapat pada katgori A sedangkan akurasi pendekatan *output* terendah pada katgori B.

4.3 Tingkat Keberhasilan Klasifikasi

Tabel 6. Perbandingan tingkat keberhasilan dari setiap katgori

Data	Target	Hasil	Status	Data	Target	Hasil	Status	Data	Target	Hasil	Status
ex11	A	A	berhasil	ex21	B	A	gagal	ex31	C	A	gagal
ex12	A	A	berhasil	ex22	B	B	berhasil	ex32	C	A	gagal
ex13	A	A	berhasil	ex23	B	C	gagal	ex33	C	A	gagal
ex14	A	A	berhasil	ex24	B	C	gagal	ex34	C	A	gagal
ex15	A	A	berhasil	ex25	B	C	gagal	ex35	C	A	gagal
ex16	A	A	berhasil	ex26	B	C	gagal	ex36	C	A	gagal
ex17	A	A	berhasil	ex27	B	A	gagal	ex37	C	A	gagal
ex18	A	A	berhasil	ex28	B	A	gagal	ex38	C	A	gagal
ex19	A	A	berhasil	ex29	B	A	gagal	ex39	C	A	gagal
ex110	A	A	berhasil	ex210	B	B	berhasil	ex310	C	C	berhasil

Tabel 6 memperlihatkan jumlah klasifikasi katgori A yang berhasil sebanyak 10 dari 10 sampel pengujian dengan tingkat keberhasilan klasifikasi pada katgori A sebesar 100. Jumlah klasifikasi katgori B yang berhasil sebanyak 2 dari 10 sampel pengujian dengan tingkat keberhasilan klasifikasi pada katgori B sebesar 20%. Jumlah klasifikasi katgori C yang berhasil sebanyak 1 dari 10 sampel pengujian dengan tingkat keberhasilan klasifikasi pada katgori C sebesar 10%. Secara keseluruhan data maka di dapatkan jumlah klasifikasi berhasil sebanyak 13 sampel dari 30 sampel pengujian sehingga didapatkan tingkat keberhasilan klasifikasi sistem keseluruhan sebesar 43,33%.

5 Kesimpulan

Berdasar pada hasil dari perancangan dan pengujian sistem pada tugas akhir ini, penulis memberikan beberapa saran untuk mengembangkan tugas akhir ini menjadi lebih baik yaitu *Electroencephalograph* yang digunakan harus lebih akurat dari segi penguatan, filter maupun proses ADC agar sinyal EEG yang didapatkan baik dan dapat dibandingkan, proses pengolahan digital dilakukan secara efisien agar dapat mendapatkan informasi yang tepat tanpa kehilangan informasi dari sinyal yang didapat dari proses akuisisi, Metode ekstraksi ciri yang digunakan disesuaikan dengan kondisi sinyal yang didapat setelah proses *pre-processing*, penggunaan jumlah iterasi dan penetapan nilai target eror harus disesuaikan dengan kebutuhan agar hasil klasifikasi yang didapat efektif dan efisien, penetapan nilai target *output* dilakukan dengan selisih yang jauh namun tidak keluar dari kestabilan sistem agar didapat hasil klasifikasi yang lebih tepat dan referensi variansi data yang digunakan sebagai *input* lebih banyak agar mendapatkan tingkat akurasi yang tepat

Daftar Pustaka

- [1] Paturel, A. (2014). Game Theory: How do video games affect the developing brains of children and teens? *Neurology Now*, 33-34.
- [2] Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An Integrative Theory Of Prefrontal Cortex Function. *Annual Reviews*, 167-202.
- [3] Luck, S. J., Woodman, G. F., & Vogel, E. K. (2000). Event-Related Potential Studies of Attention. *Trends of Cognitive Science*, 432-440.
- [4] Rizal, A. (2014). *INSTRUMENTASI BIOMEDIS*. Yogyakarta: GRAHA ILMU.
- [5] Shum, K. (2013, Maret 22). *Shannon's Entropy*. Retrieved from planetmath.org: <http://planetmath.org/shannonsentropy>
- [6] Yani, E. (2005). Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan. *materikuliah.com*, 1-14.
- [7] K.Vijayarekha. (2015). *Activation Functions*. Thanjavur: School of Electrical and Electronics Engineering.
- [8] Hudson, D. L., & Cohen, M. E. (2000). *Neural Networks and Artificial Intelligence for Biomedical Engineering*. New York: IEEE Press.
- [9] Cilimkovic, M. (2015). *Neural Networks and Back Propagation Algorithm*. Blanchardstown Road North: Institute of Technology Blanchardstown.