

RANCANG BANGUN *ELECTROMYOGRAPH* UNTUK DETEKSI WICARA HURUF VOKAL PADA PENDERITA TUNA RUNGU

Edwin Rizki Handiarno¹, Ir. M.Sarwoko,M.Sc², Rita Purnamasari, S.T., M.T.³

^{1,2,3}Departemen Elektro dan Komunikasi Fakultas Teknik Universitas Telkom, Bandung

¹edwinrisky88@gmail.com, ²m.sarwoko@telkomuniversity.com, ³ritapunamasari@telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

Tuna rungu adalah kondisi dimana seseorang memiliki masalah dalam pendengaran baik permanen maupun non permanen yang berkebutuhan khusus karena memiliki hambatan dalam pendengaran individu tunarungu memiliki hambatan juga dalam berbicara sehingga mereka disebut tunawicara.

Pada tugas akhir ini akan dirancang sebuah kesatuan sistem elektromiograf untuk mendeteksi wicara huruf vocal yang akan ditampilkan pada lcd 16x2. Metode yang digunakan untuk pengolahan data pada tugas akhir ini menggunakan jaringan syaraf tiruan dengan metode pembelajaran backpropagation dengan mengambil nilai ADC yang menjadi sumber informasi pengolahan data yang didapatkan dari kontraksi pada otot daerah wajah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk perancangan jaringan syaraf tiruan dapat bekerja pada deteksi huruf vokal dengan *learning rate* 0.01, *epoch* 100, target eror sebesar 0. 265 dengan *hidden layer* 10 *neuron* menghasilkan menghasilkan tingkat akurasi 74 %

Kata kunci : tunarungu, elektromiograf, huruf vokal

ABSTRACT

Deaf is a condition where a person has hearing problems in both permanent and non permanent disabilities due to barriers in the hearing of individuals with hearing impairment have barriers in speaking so they called tunawicara.

In this final project will be designed a unified system of electromyography to detect speech vowel to be displayed on LCD 16x2. Metode used for data processing on the task using the neural network with backpropagation learning method by taking the value of the ADC is the source of information of data pengolahan data obtained from muscle contraction in the facial area.

The The results showed that for the design of neural networks can work on the detection of vowels with learning rate 0:01, epoch 100, targets error of 0. 265 and a hidden layer with 10 neurons produce a 74% accuracy rate

Keywords : deaf people, electromyograph, vowels letters

1.PENDAHULUAN

Tunarungu adalah kondisi dimana seseorang memiliki hambatan dalam pendengaran baik permanen maupun non permanen yang berkebutuhan khusus, karena memiliki masalah dalam pendengarannya individu tunarungu memiliki hambatan ketika berbicara sehingga mereka disebut tunawicara. Bahasa merupakan alat komunikasi yang dipergunakan manusia dalam berhubungan antar sesama. Jika seseorang mengalami tunawicara mereka akan kesulitan untuk mengembangkan dirinya melalui segi sosial, emosional, maupun intelektualnya. Seorang tunawicara juga akan mengalami kesulitan mengungkapkan perasaan dan keinginannya terhadap sesama, memperoleh pengetahuan dan saling bertukar pikiran. Melihat dari permasalahan seperti diatas diharapkan ada suatu alternatif sebagai jalan keluar yang dapat membantu penderita rungu yang berkebutuhan khusus.

Pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya telah dibuat aplikasi yang mendeteksi isyarat wicara pada tuna wicara berbasis electromyograph dengan tingkat keberhasilan yang masih rendah yaitu sekitar 64,44%^[1]. Karena pada hasil penelitian sebelumnya tingkat keberhasilannya masih kurang optimal. Maka pada tugas akhir ini akan dibuat rancang bangun elektromiograf untuk mendeteksi wicara huruf vokal pada tuna rungu yang akan ditampilkan pada lcd.

Selanjutnya pada tugas akhir ini akan mengklasifikasikan jenis huruf vokal dari subjek dengan mengambil data dari kontraksi pada otot daerah wajah dan ditampilkan pada lcd 16 x 2. Dari hasil analisis dan pengujian yang dilakukan. Diharapkan tugas akhir ini memiliki keberhasilan sebesar 70% dibandingkan penelitian sebelumnya.

2. Dasar Teori

2.1 Tuna Rungu

Tunarungu adalah keadaan dimana seseorang kehilangan pendengarannya yang mengakibatkan ia tidak dapat menangkap berbagai rangsangan melalui indera pendengarannya. Terdapat kecenderungan bahwa seseorang yang mengalami tunarungu seringkali diikuti pula dengan tunawicara. Kondisi ini dapat menjadi suatu rangkaian sebab dan akibat. Untuk mengenal dan mengidentifikasi penderita tunarungu, perlu adanya kemampuan untuk mengetahui karakteristik yang dimilikinya. Berikut ini adalah karakteristik seorang tunarungu.

2.2 Otot

Otot adalah alat gerak aktif. Otot tersusun atas dua macam elemen dasar, yaitu *filament aktin* dan *filamen miosin tebal*. Kedua filamen ini menyusun *miofibril*. Miofibril menyusun serabut otot. Kumpulan serabut otot menyusun satu otot. Otot memiliki kemampuan berkontraksi. Otot memendek jika sedang berkontraksi dan memanjang jika sedang berelaksasi. Kontraksi otot terjadi jika otot sedang melakukan kegiatan. Relaksasi otot terjadi jika otot sedang beristirahat. Jika otot berkontraksi, tulang akan terangkat, jika otot relaksasi atau melemas, tulang akan kembali ke kedudukan semula.

2.3 Electromyograph

Elektromiografi merupakan suatu teknik pada bidang medis yang digunakan untuk menampilkan sinyal yang dihasilkan oleh aktifitas otot gerak pada manusia. Alat yang digunakan untuk melihat aktifitas sinyal otot disebut elektromiograf. Elektromiografi bisa juga digunakan untuk menganalisis setiap sinyal yang dihasilkan oleh otot manusia dan melihat apakah terdapat kelainan pada otot tersebut. Elektromiograf menggunakan elektroda sebagai media untuk mengubah sinyal dari tubuh manusia menjadi sinyal listrik.

2.4 e-health Platform

E-health platform merupakan sebuah kit yang memudahkan aplikasi biomedis pada mikrokontroler Arduino Uno yang digunakan. Dalam e-health platform juga menyediakan fitur antara lain : pulse oximeter, EKG, EMG, sensor suhu, sensor pernafasan, sensor GSR, sphygmomanometer, glucometer, dan sensor posisi tubuh (accelerometer).

2.5 Arduino Uno

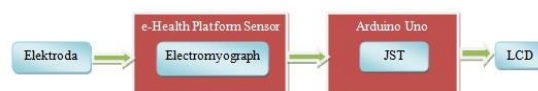
Arduino Uno adalah *board* berbasis mikrokontroler pada ATmega328. *Board* ini memiliki 14 digital input / output pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *jack* listrik tombol reset. *Arduino Uno* memiliki enam pin yang digunakan untuk mengolah sinyal analog yakni mulai dari A0 hingga A5. Tingkat presisi sinyal analog yang dipetakan secara digital ditentukan oleh seberapa besar resolusi ADC. Untuk resolusi board *Arduino Uno* ialah 10 bit yang berarti mampu memetakan hingga 1024 discrete analog level dan biasa menggunakan sumber tegangan 5 volt. Berikut adalah cara mencari nilai ADC dari persamaan yang ada dan tegangan terbaca pada board *Arduino Uno*.

2.6 Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan saraf tiruan adalah paradigma pengolahan informasi yang terinspirasi oleh sistem saraf secara biologis, seperti proses informasi pada otak manusia. Elemen kunci dari paradigma ini adalah struktur dari sistem pengolahan informasi yang terdiri dari sejumlah besar elemen pemrosesan yang saling berhubungan (neuron), bekerja serentak untuk menyelesaikan masalah tertentu. Cara kerja JST seperti cara kerja manusia, yaitu belajar melalui contoh. Sebuah JST dikonfigurasi untuk aplikasi tertentu, seperti pengenalan pola atau klasifikasi data, melalui proses pembelajaran. Belajar dalam sistem biologis melibatkan penyesuaian terhadap koneksi synaptic yang ada antara neuron. Hal ini berlaku juga untuk JST.

3. PERANCANGAN DAN SIMULASI

3.1 Gambaran Umum Sistem

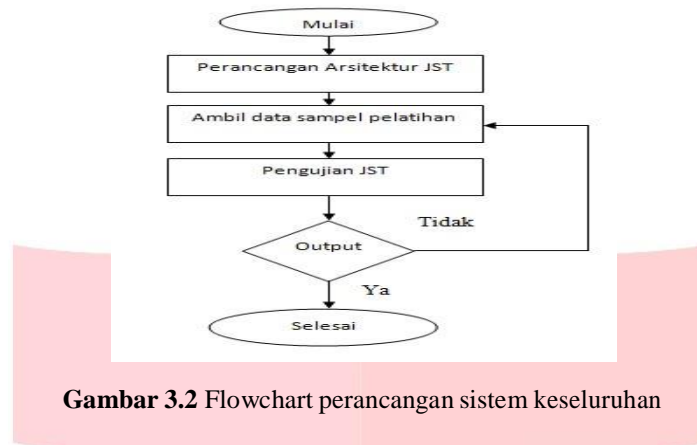


Gambar 3.1 Gambaran Umum Sistem

Pada gambar 3.1 gambaran umum sistem pertama elektroda yang terpasang pada otot epicranial oponeurosis (sebagai ground), otot zygomaticus major dan otot depressor anguli oris yang letaknya di daerah wajah digunakan sebagai input. Ketiga otot tersebut dipilih karena letak otot tersebut pada saat pembacaan nilai ADC adalah yang paling optimal dibanding otot yang lainnya. Penulis menggunakan perangkat pengkondisian sinyal dengan e-health platform sensor yang memiliki fitur electromyograph sebagai pembacaan nilai EMG yang selanjutnya nilai yang didapat diolah dengan algoritma jaringan syaraf tiruan dengan metode pembelajaran

backpropagation. Setelah didapatkan data bobot yang baru dari pembelajaran backpropagation selanjutnya bobot tersebut menjadi masukan jaringan syaraf tiruan feed forward untuk melakukan pengujian. Kemudian hasil pengujian yang didapatkan berupa huruf A,I,U,E,O dapat ditampilkan pada lcd 16 x 2.

3.2 Flowchart Perancangan Sistem Keseluruhan



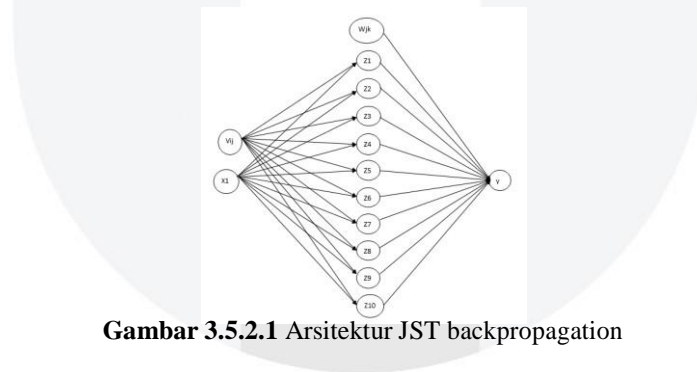
Gambar 3.2 Flowchart perancangan sistem keseluruhan

3.2.1 Perancangan Algoritma Jaringan syaraf tiruan

Jaringan syaraf tiruan yang digunakan dalam tugas akhir ini menggunakan metode pembelajaran backpropagation. Penulis merancang JST dengan menggunakan 1 input layer dengan 1 neuron, 1 hidden layer dengan 10 neuron, dan 1 output layer dengan 1 neuron. Dengan menetapkan target error sebesar 0,265 dan learning rate sebesar 0,01 dan iterasi sebanyak 100 kali. Variasi input berupa nilai ADC dari huruf vokal A,I,U,E,O yang diperagakan subjek yang digunakan sebagai proses pembelajaran yang menghasilkan bobot yang digunakan sebagai proses pengujian.

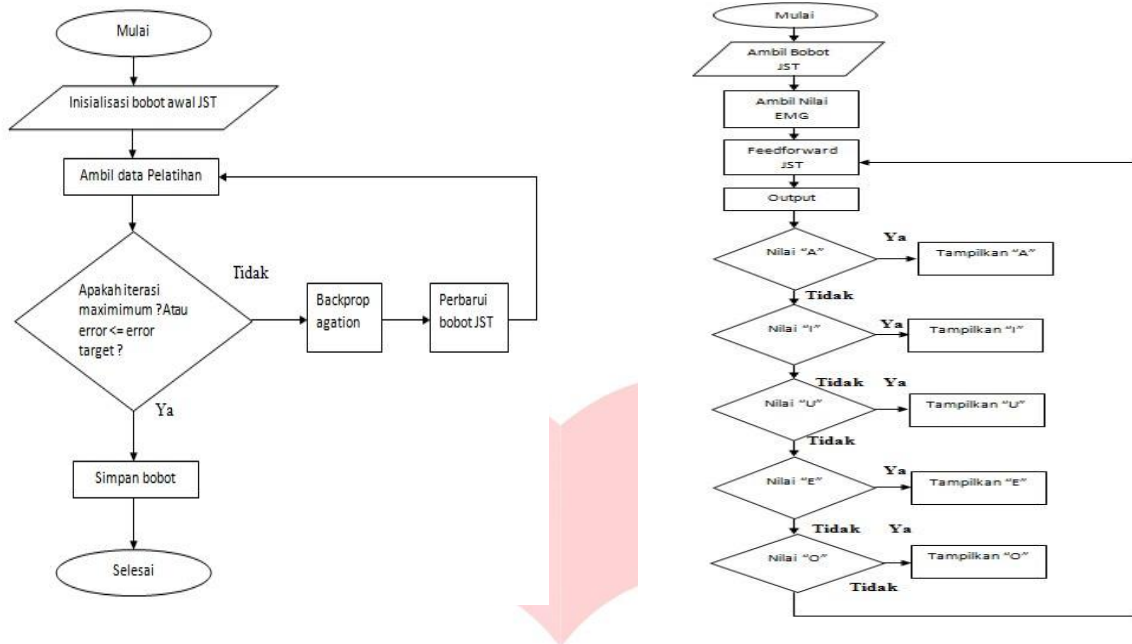
3.2.1.1 Arsitektur JST Backpropagation

Backpropagation merupakan metode pembelajaran terbimbing pada algoritma JST dengan memasukan target keluaran dalam data untuk proses pembelajaran yang pada intinya apabila output tidak sesuai dengan target yang ditetapkan maka akan muncul nilai error dimana apabila nilai error lebih dari yang yang ditentukan maka dilakukan proses pembelajaran lagi. Berikut arsitektur JST backpropagation yang digunakan.



Gambar 3.5.2.1 Arsitektur JST backpropagation

3.2.2.1 Flowchart Perancangan JST Pembelajaran dan Pengujian



Gambar 3.2.2.1 a Flowchart Perancangan JST Pembelajaran

Gambar 3.2.2.1 b Flowchart Perancangan JST Pengujian

Pada gambar 3.2.2.1 a dijelaskan dalam flowchart perancangan JST mode pembelajaran pertama inisialisasikan seluruh nilai sebagai nilai awal dari 1 neuron input, 10 neuron hidden, 10 bobot bias input ke hidden, 1 bobot bias hidden ke output yang akan dilakukan proses pelatihan. Dalam pelatihan jaringan syaraf tiruan backpropagation target error yang ditetapkan 0,265 dan iterasi maksimal 100 kali. Apabila belum memenuhi target error 0,265 dan iterasi maksimal 100 kali maka dilakukan proses backpropagation dengan perbaikan bobot yang didapatkan sehingga didapatkan nilai jst dengan bobot yang baru. Sistem akan bekerja secara berulang sampai didapatkan target error atau iterasi yang ditentukan kemudian bobot yang didapatkan disimpan dalam microsoft excel sebagai data base.

Dalam gambar 3.2.2.1 b dijelaskan flowchart jst mode pengujian pertama dimulai dengan mengambil bobot baru dari pelatihan yang telah dilakukan. Kemudian dilakukan pengambilan nilai EMG menggunakan e-health. Subjek melakukan pengucapan huruf A,I,U,E,O. Setelah mendapatkan nilai EMG maka arduino akan menjalankan operasi feed forward JST. Operasi feed forward berfungsi sebagai penimbang nilai pembacaan sensor EMG secara real time dengan data bobot baru hasil pelatihan tools JST backpropagation huruf A,I,U,E,O yang dilakukan subjek dan disimpan dalam data base. Output dari operasi feed forward ini adalah ketika pembacaan real time nilai EMG sudah sesuai dengan bobot baru huruf A atau I atau U atau E atau O yang ada dalam database pelatihan maka akan ditampilkan sebagai huruf A atau I atau U atau E atau O didalam lcd 16 x 2. Apabila pembacaan nilai EMG tidak ada yang sesuai dengan seluruh bobot baru dalam database pelatihan maka kembali lagi ke proses operasi feed forward dan begitu seterusnya.

4. PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 Pengujian Penguatan

Pengujian ini dilakukan dengan cara menghubungkan blok input e-health dengan function generator dan port analog read dihubungkan dengan osiloskop. Pada input e-health platform terdiri dari GND, E dan M. Pada port M diberi catuan tegangan 10mV dengan frekuensi 225Hz sedangkan port E dihubungkan dengan port ground untuk mendapatkan tegangan 0V. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan beda tegangan yang sesuai dengan besarnya maksimum amplitudo dari EMG yaitu 10mV. Port M akan diberikan tegangan yang berbeda – beda dengan frekuensi 225 Hz (frekuensi tengah EMG).

Hasil pengujian dari penguat dapat dilihat dari tabel dibawah.

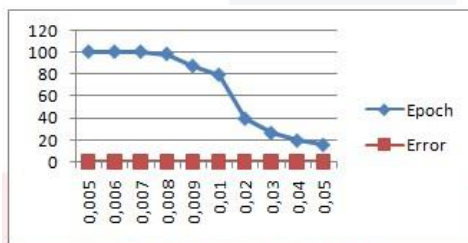
No	Frekuensi	Vpp	Vout	Penguatan
1	225 Hz	2mV	386mV	193
2	225 Hz	3mV	374mV	124
3	225 Hz	4mV	626mV	156
4	225 Hz	5mV	272mV	54
5	225 Hz	6mV	900mV	150
6	225 Hz	7mV	498mV	62
7	225 Hz	8mV	198mV	24
8	225 Hz	9mV	764mV	84
9	225 Hz	10mV	4.12V	412
Rata-rata				139,88889

Tabel 4.1 Pengujian penguatan menggunakan osiloskop

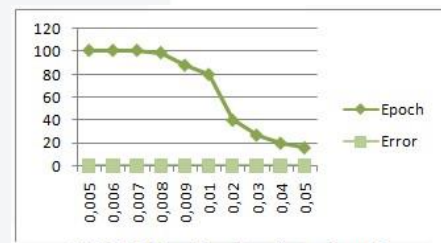
Pada Pada tabel hasil pengujian didapatkan rata – rata 139 kali penguatan. Nilai rata-rata cukup jauh dari perhitungan dalam perencanaan blok penguat pada skematik e-health platform sensor hal ini bisa terjadi karena kebanyakan sinyal biopotensial merupakan sinyal defferensial dengan amplitudo yang sangat kecil dan rentang frekuensi yang sangat rendah dengan noise yang cukup besar dibandingkan dengan sinyal aslinya. Noise bisa dihasilkan karena interferensi pada saat melakukan pengujian tersebut

4.2 Pengujian Learning Rate

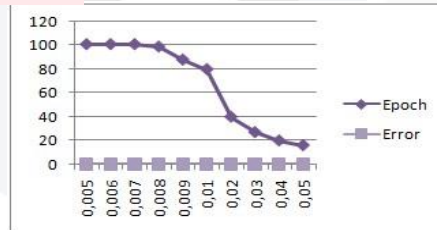
Pada pengujian learning rate dengan skenario setiap input pelatihan setiap huruf diberikan nilai learning rate yang berbeda dan untuk nilai epoch 100 serta target error 0.265 dengan tidak dirubah- rubah



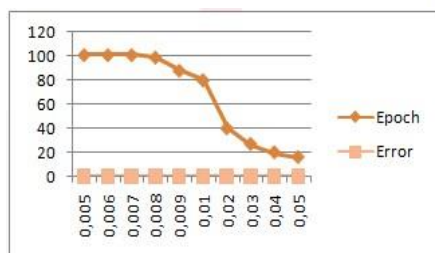
Gambar 4.2 Percobaan learning rate huruf A



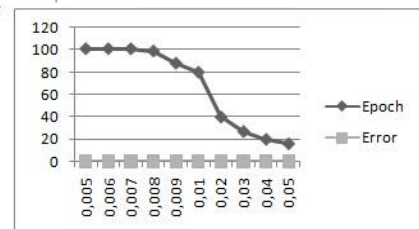
Tabel 4.2.1 Percobaan learning rate huruf I



Tabel 4.2.2 Percobaan learning rate huruf U



Tabel 4.2.3 Percobaan learning rate huruf E



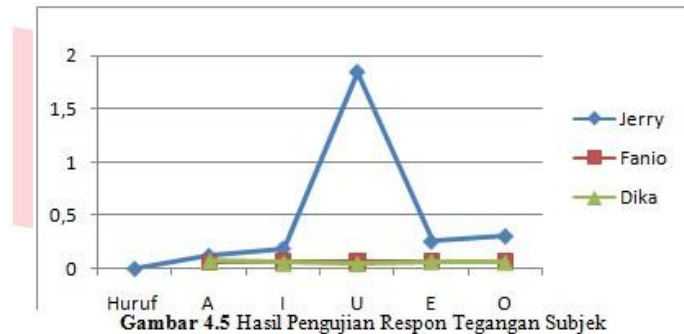
Tabel 4.2.4 Percobaan learning rate huruf O

Pada tabel 4.2 terlihat bahwa semakin besar nilai learning rate yang ditetapkan maka akan semakin cepat untuk mendapatkan bobot baru yang terlihat pada proses iterasi atau epoch pada pembelajaran dan jika nilai

learning rate semakin besar maka untuk mendapatkan bobot baru membutuhkan iterasi atau epoch yang lama. Rentang nilai iterasi atau epoch dipengaruhi juga karena inisialisasi nilai target saat memasukan data input, dalam gambar 4.2 percobaan huruf A menggunakan target input sebesar 0.1, gambar 4.2.1 percobaan huruf I menggunakan target input sebesar 0.2, gambar 4.2.2 percobaan huruf U menggunakan target input sebesar 0.3, gambar 4.2.3 percobaan huruf E menggunakan target input sebesar 0.4, gambar 4.2.4 percobaan huruf O menggunakan target input sebesar 0.5.

4.3 Pengujian Respon Tegangan Subjek

Pengujian respon tegangan ini bertujuan untuk melihat karakteristik tegangan kontraksi otot dari setiap subjek. Skenario dari pengujian ini adalah dengan meletakkan posisi elektroda di otot epicranial oponeurosis (sebagai ground), otot zygomaticus majordan otot depressor anguli oris yang letaknya di daerah wajah digunakan sebagai input kemudian subjek memperagakan ucapan huruf A,I,U,E,O secara bertahap selama 10 detik. Berikut adalah data subjek yang akan melakukan percobaan.



Pada pengujian respon pada setiap subjek dihasilkan rata-rata tertinggi untuk huruf A dihasilkan oleh subjek dika. Hal ini terjadi menurut pengamatan pada saat pengujian subjek dika melakukan pengucapan huruf A membuka rongga mulut yang paling besar dibandingkan dengan subjek yang lain hal ini menyebabkan kontraksi yang dihasilkan otot zygomaticus major dan otot depressor anguli oris dimana elektroda diletakan menjadi lebih besar. Untuk nilai tegangan rata-rata huruf I subjek fanio memiliki nilai rata-rata yang paling besar dengan nilai rata-rata 0,061. Dan untuk nilai tegangan rata-rata huruf U subjek jerry dengan nilai rata-rata 1,847 kemudian untuk nilai tegangan rata-rata huruf E subjek Jerry dengan nilai rata-rata 0,256 v untuk nilai tegangan rata-rata huruf O subjek Jerry dengan nilai rata-rata 0,306 V. Bisa disimpulkan pada pengujian yang dilakukan tiga subjek laki-laki dengan variasi berat dan tinggi badan yang berbeda menghasilkan nilai tegangan yang berbeda. Subjek jerry lebih mendominasi nilai rata – rata tegangan tertinggi pada huruf U,E dan O dibandingkan subjek dika dan fanio dan subjek jerry memiliki tinggi dan berat badan yang terbesar diantara kedua subjek yang melakukan pengujian.

4.4 Pengujian Tegangan dari Setiap Otot

Pada pengujian tegangan ini bertujuan untuk mengetahui tegangan yang dihasilkan oleh setiap otot yang diuji. Dalam pengujian ini dilakukan dengan lima skenario dengan menempatkan tiga elektroda di lima titik yang berbeda. Dari hasil pengujian disetiap otot maka jika dihitung rata-rata keseluruhan seperti pada tabel 4.4.

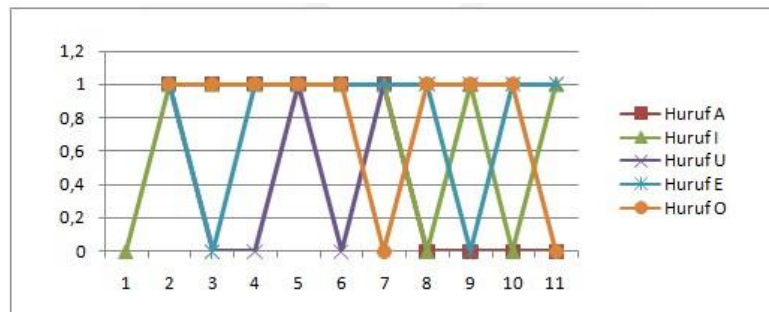
Pengujian	A	I	U	E	O	Rata – rata
Skenario 1	23,4	16,9	36,2	43,8	40,7	32,2
Skenario 2	20,4	15,9	23,6	25,9	32,8	23,72
Skenario 3	16,1	25,6	39,5	130,4	94,1	61,14
Skenario 4	13,1	21,5	44,8	55	61,3	39,14
Skenario 5	25,4	30,3	16,3	28,2	23,9	24,82

Tabel 4.4 Hasil Rata-rata Keseluruhan

Pada pengujian ini dapat diambil kesimpulan jika skenario 3 dengan penempatan posisi elektroda di otot epicranial aponeurosis (Gnd), elektroda di otot zygomaticus major (-) dan elektroda di otot depressor anguli oris (+) menghasilkan nilai rata-rata ADC dari keseluruhan yang tertinggi atau bisa dikatakan nilai tegangan yang tertinggi juga. Nilai tersebut dihasilkan karena posisi tersebut menghasilkan nilai beda potensial saat kontraksi rata rata paling besar dibandingkan dengan skenario yang lain.

4.6 Pengujian Akurasi

Pada pengujian akurasi bertujuan untuk mengetahui hasil dari perancangan yang telah dilakukan. Pengujian ini dilakukan dengan skenario subjek melakukan peragaan setiap hurufnya sebanyak sepuluh kali dan dilihat apakah sesuai dengan hasil pelatihan.



Gambar 4.6 Hasil Pengujian Akurasi Semua Huruf

Dari hasil pengujian akurasi dari setiap hurufnya didapatkan hasil huruf A selama percobaan sebanyak 10 kali didapatkan hasil enam kali terdeteksi huruf A dan empat kali tidak terdeteksi huruf A maka hasil pengujian keakurasiannya huruf A sebesar 60%, huruf I dengan percobaan sebanyak sepuluh kali didapatkan hasil delapan kali terdeteksi huruf I dan dua kali tidak terdeteksi huruf I maka hasil pengujian keakurasiannya huruf I sebesar 80%, huruf U dengan percobaan sebanyak sepuluh kali didapatkan hasil tujuh kali terdeteksi huruf U dan tiga kali tidak terdeteksi huruf U maka hasil pengujian keakurasiannya huruf U sebesar 70%, huruf E dengan percobaan sebanyak sepuluh kali didapatkan hasil delapan kali terdeteksi huruf E dan dua kali tidak terdeteksi huruf E maka hasil pengujian keakurasiannya huruf E sebesar 80%, huruf O dengan percobaan sebanyak sepuluh kali didapatkan hasil delapan kali terdeteksi huruf O dan dua kali tidak terdeteksi huruf O maka hasil pengujian keakurasiannya huruf O sebesar 80%. Dari hasil pengujian keakurasiannya untuk setiap huruf jika diambil nilai rata-rata keakurasiannya maka didapatkan nilai akurasi sebesar 74%

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang dilakukan pada perancangan jaringan syaraf tiruan metode backpropagation dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai learning rate mempengaruhi tingkat akurasi dan lama proses pembelajaran dari arsitektur jst tersebut
2. Sensitivitas elektroda sangat berpengaruh pada nilai yang dihasilkan, karena sebelumnya pengujian dilakukan dengan menggunakan elektroda medico lead lok dan kemudian menggunakan elektroda 3M Red Dot dibandingkan kedua elektroda tersebut didapatkan nilai yang berubah stabil pada jenis elektroda 3M Red Dot hal ini terjadi karena spesifikasi elektroda tersebut memiliki perekat berupa busa dan jel yang kuat.
3. Penempatan elektroda berpengaruh pada hasil yang optimal karena dari hasil pengujian pada elektroda yang ditempatkan di otot epicranial aponeurosis (ground) dan zygomaticus major dan depressor anguli oris lebih baik nilainya dibandingkan saat melakukan pengujian saat elektroda ditempatkan di otot epicranial aponeurosis (ground) dan levator anguli oris (cut) dan masseter
4. Penggunaan elektroda yang berkali-kali dapat menyebabkan offset error atau galat karakteristik dari sifat sensor elektroda yang sekali pakai tersebut.
5. Kondisi Subjek dapat mempengaruhi nilai tegangan pada setiap kontraksinya

5.2 Saran

Melihat hasil dari perancangan dan pengujian untuk mengembangkan tugas akhir ini penulis memberikan saran sebagai berikut :

1. Pemilihan nilai learning rate yang tepat dapat mengoptimalkan proses komputasi yang dilihat dari karakteristik data dan arsitekturnya.
2. Pemilihan jenis elektroda yang sensitif tetapi lebih tahan terhadap noise akan mengoptimalkan kerja sistem
3. Ketika sudah menempatkan elektroda surface dititik yang ditentukan lebih baik dipleset supaya posisi elektroda tidak mudah bergeser dan sebaiknya elektroda digunakan sekali pakai saja.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wicaksono, H dan Rokhana, R. dan Purnomo, M. H. (2014). Rancang bangun program aplikasi deteksi isyarat wicara huruf vokal pada penderita tuna wicara berbasis electromyograph (EMG). Politeknik Elektronika Negeri Surabaya(PENS).
- [2] Kosasih, E. (2012). Cara bijak memahami anak berkebutuhan khusus. Yrama widya. Bandung. 173.

- [3] Hidayat. (2009). Hambatan Belajar dan Hambatan Perkembangan Anak Tunagrahita. Perkuliahan Prodi PKKk SPs UPI Bandung:
- [4] Abdurrachman, M. (1996). Pendidikan luar biasa umum. Proyek pendidikan tenaga akademik. Jakarta. 61.
- [5] Rizal, A. (2014). Instrumentasi Biomedis. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [6] Biospin Laboratory. (2014). Modul Praktikum EMG. Bandung: Universitas Telkom
- [7] Arifin, Z. (2005). Biopotensial Elektroda di Bidang Medis. Medan: Universitas Sumatera Utara
- [8] Ahmad, M. (2014). Rancang Bangun Kendali Prototipe Kursi Roda Listrik Menggunakan Sistem Elektromiograf. Bandung : Universitas Telkom
- [9] Satojo, T dan Mulyanto, E dan Suhartono, V. (2010). Kendali Cerdas. Yogyakarta: Andi.
- [10] Naingolan, E.M. (2015). Perancangan dan implementasi tangan robot buatan dengan menggunakan elektromiogram. Bandung. Universitas Telkom
- [11] <http://www.imagekb.com/facial-muscles> (diakses pada 15 september 2015)
- [12] <http://perpustakaancyber.blogspot.com/2012/12/pengantaran-impuls-saraf-membran-plasma-konduksi.html> (diakses pada 15 september 2015)
- [13] <https://www.cooking-hacks.com/documentation/tutorials/ehealth-biometric-sensor-platform-arduino-raspberry-pi-medical> (diakses pada 15 september 2015)
- [14] <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno> (diakses pada 15 september 2015)
- [15] <http://catharina-n-b-fst09.web.unair.ac.id> (diakses pada 15 september 2015)
- [16] http://ulfarieanti-fst10.web.unair.ac.id/sistem_cerdas_jaringan_saraf_tiruan (diakses pada 15 september 2015)
- [17] <https://jungyonghwa.wordpress.com/tag/jst> (diakses pada 15 september 2015)

