

DOI: doi.org/10.21009/0305020101

PENGENDALIAN GERAK MOBILE ROBOT BERBASIS BCI (*BRAIN COMPUTER INTERFACE*)

Adbizar Asmon Rizal^{1,a)}, Sastra Kusuma Wijaya^{2,b)}

¹Departemen Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Indonesia, Depok, 16424

Email: ^{a)}adbizar.asmon@ui.ac.id , ^{b)}skwijaya@sci.ui.ac.id

Abstrak

Sejak lama sudah diketahui bahwa neuron didalam otak manusia menghasilkan gelombang listrik yang dapat diukur, gelombang ini diperoleh oleh perangkat Emotiv EPOC+ untuk mendapatkan sinyal *Electroencephalography* (EEG) dari 14 buah elektroda yang disebar disepanjang kulit kepala manusia. *Brain Computer Interface* (BCI) adalah sistem yang memungkinkan mengontrol perangkat keras menggunakan sinyal otak manusia menggunakan metode *Electroencephalography* (EEG). *Brain Computer Interface* dapat digunakan untuk mengendalikan berbagai perangkat berbasis mikrokontroler seperti mengontrol *mobile robot*, lengan robot, dan kursi roda untuk membantu orang cacat. Dalam penelitian ini, kami mengembangkan sistem yang memungkinkan manusia untuk mengontrol arah gerak *mobile robot* dari gelombang *Electroencephalography* (EEG). Sistem ini terdiri dari sebuah Emotiv EPOC+ Neuroheadset, perangkat komputer, dan *mobile robot*. *Cognitif Suite* yang disediakan oleh Emotiv bertanggung jawab untuk menghasilkan tindakan kontrol yang diperlukan untuk membuat *mobile robot* menjalankan tiga perintah yang berbeda: bergerak maju, belok kanan, dan belok kiri. Hasil percobaan menunjukkan bahwa *mobile robot* dapat dikendalikan secara *real-time* berdasarkan perubahan fisiologis subjek.

Kata-kata kunci: *Brain Computer Interface*, Emotiv EPOC+, *Mobile Robot*, Mikrokontroler.

Abstract

Has long been known that neurons in the human brain produces electrical waves that can be measured, these waves obtained by the Emotiv EPOC + to get a signal Electroencephalography (EEG) of 14 pieces of electrodes distributed along the human scalp. Brain Computer Interface (BCI) is a system that allows the control hardware using human brain signals using Electroencephalography (EEG). Brain Computer Interface can be used to control a variety of microcontroller-based devices such as mobile robot control, a robot arm, and wheelchairs to help disabled people. In this study, we developed a system that allows humans to control the direction of motion of the mobile robot wave Electroencephalography (EEG). The system consists of an Emotiv EPOC + Neuroheadset, computers, and mobile robots. Cognitive Suite provided by Emotiv is responsible for generating the necessary control measures to make the mobile robot to perform three different orders: move forward, turn right, and turn left. The experimental results show that the mobile robot can be controlled in real-time based on physiological changes the subject.

Keywords: *Brain Computer Interface*, Emotiv EPOC+, *Mobile Robot*, *Microcontroller*.

1. Pendahuluan

Pengontrolan otomatis dapat dipahami sebagai salah satu metode untuk mengendalikan suatu sistem yang mampu beroperasi secara mandiri, misalnya posisi push bottom pada alat penanak nasi yang dapat berpindah dengan sendirinya ke posisi pemanas jika nasi sudah masak. Dari sekian banyak metode kontrol dan kendali, salah satu topik yang menarik dan banyak diperbincangkan saat ini adalah pengendalian sistem

yang dilakukan secara langsung oleh otak manusia. Didunia medis, metode ini sudah lama dipakai untuk mendeteksi berbagai macam penyakit seperti epilepsi, diagnosa gangguan tidur, koma, bahkan kematian otak. Sistem ini sering disebut sebagai *Brain Computer Interface*, yaitu metode pengukuran gelombang listrik pada kulit kepada manusia sebagai acuan untuk mengendalikan suatu perangkat berdasarkan sinyal *electroencephalography* (EEG).

Pengendalian gerak *mobile robot* adalah sebuah penelitian yang menggabungkan antara *software* dan *hardware*. Kedua bidang ini akan saling bekerja sama untuk mengontrol *mobile robot* dengan membaca dan menafsirkan gelombang EEG dari pikiran manusia. Tujuan akhir penelitian ini untuk menjalankan *mobile robot* melalui pikiran manusia.

Dengan menggunakan prinsip kerja *electroencephalography* (EEG), pengontrolan *interface* perangkat elektronika dimungkinkan untuk dilakukan dari pikiran manusia. Sistem kontrol berbasis *Brain Computer Interface* telah menginspirasi banyak ilmuwan untuk melakukan penelitian lebih jauh dan telah menghasilkan beberapa proyek penelitian seperti *Brain Driver*, *Swarm Extreme*, *RC Mind Control*, dan *Brain Controlled Robot NXT*. Penelitian tersebut sangat mirip dengan tesis penulis yang menggabungkan penggunaan Emotiv EPOC+ Neuroheadset sebagai kendali sebuah *mobile robot* untuk bernavigasi. Tesis ini akan membahas pengontrolan sebuah *mobile robot* yang dapat bergerak melalui perintah otak manusia.

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimen, yaitu membangun sebuah *mobile robot* sebagai objek yang akan dikendalikan, Emotiv EPOC+ Neuroheadset berfungsi mengamati gelombang listrik otak, dan laptop sebagai pengolah sinyal. Gelombang otak yang terukur oleh headset EEG digunakan sebagai acuan untuk memberikan perintah navigasi robot, seperti maju, mundur, belok kanan, dan belok kiri. Pembuatan program sebagai perangkat lunak menggunakan Bahasa C. Tahapan proses umum yang dilakukan diantaranya pengujian perangkat Emotiv EPOC+ sebagai sensor untuk membaca gelombang listrik otak, kemudian menampilkan gelombang EEG pada tampilan monitor.



Gambar 1 Diagram alir dasar *mobile robot* berbasis BCI

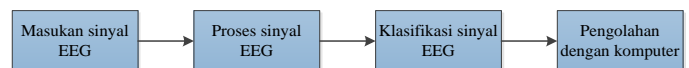
Penelitian ini dikembangkan menggunakan Emotiv SDK versi riset yang mencakup:

1. Emotiv Control Panel
2. EmoComposer (emulator untuk mensimulasikan sinyal EEG)

3. EmoKey (untuk memetakan berbagai sinyal EEG yang terdeteksi oleh Emotiv EPOC+ Neuroheadset ke keystrokes)
4. Emotiv TestBench
5. Upgrade API yang memungkinkan penangkapan data EEG mentah dari masing-masing elektroda.

Pada prinsipnya, Emotiv EPOC+ Neuroheadset mendeteksi gelombang otak pengguna menggunakan 14 buah elektroda yang tersebar disepanjang kulit kepala, kemudian gelombang pengukuran dikirimkan ke komputer menggunakan Bluetooth. Gelombang diolah oleh komputer menggunakan Emotiv SDK dan hasilnya dikirimkan ke *mobile robot* menggunakan jalur serial untuk memerintahkan *mobile robot* bergerak maju, mundur, belok kanan, belok kiri, dan berhenti.

Sinyal-sinyal EEG yang ditangkap oleh Emotiv EPOC+ difilter untuk memilih gelombang mana saja yang diperlukan dan dianggap mewakili gelombang EEG yang sebenarnya. Hal ini dilakukan karena tingkat kebisingan otak manusia sehingga mempengaruhi pembacaan gelombang EEG. Langkah selanjutnya adalah klasifikasi untuk mengelompokkan sinyal-sinyal EEG. Pada beberapa percobaan, kebisingan otak lebih dominan dibandingkan gelombang EEG sebenarnya sehingga menyulitkan pembacaan, oleh karena itu filter artifak penting dilakukan.

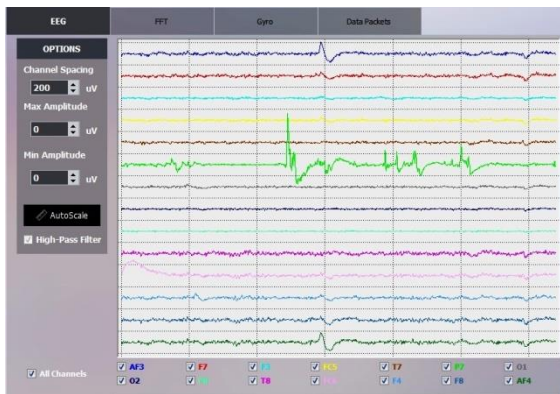


Gambar 2. Diagram alir *Brain Computer Interface* (BCI).

Emotiv EPOC+ Neuroheadset dapat mendeteksi beberapa jenis respon dan ekspresi wajah manusia. Respon dari pengukuran sinyal EEG diklasifikasikan dan ditangani oleh tiga buah modul didalam Emotiv SDK yaitu *Cognitiv*, *Expressiv*, dan *Affectiv*.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, perangkat Emotiv EPOC+ mampu mendeteksi sinyal EEG dari kepala manusia dan menampilkan bentuk sinyal EEG pada monitor komputer secara *real-time*.

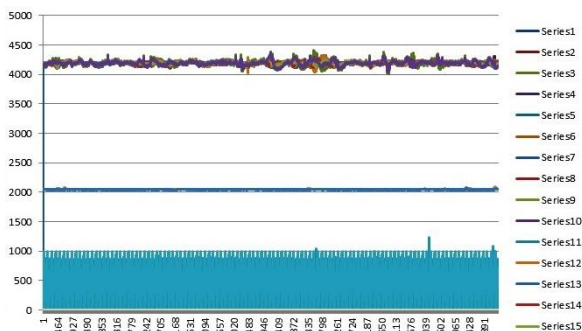


Gambar 3. Tampilan Xavier TestBench saat tindakan Push

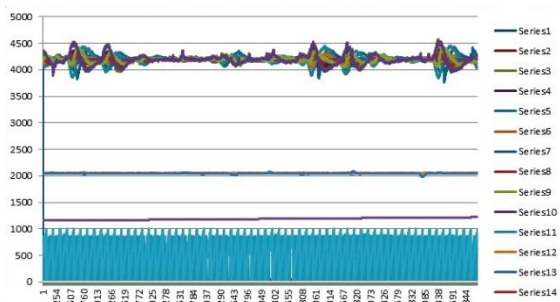
Pada penelitian ini, mikrokontroler yang digunakan adalah AVR ATmega16 dengan memanfaatkan komunikasi USART yang tersedia sebagai salah fitur mikrokontroler. Modul transfer data dari komputer ke mikrokontroler memanfaatkan Bluetooth HC-05.

Untuk menguji fungsi *mobile robot*, langkah-langkahnya sbb :

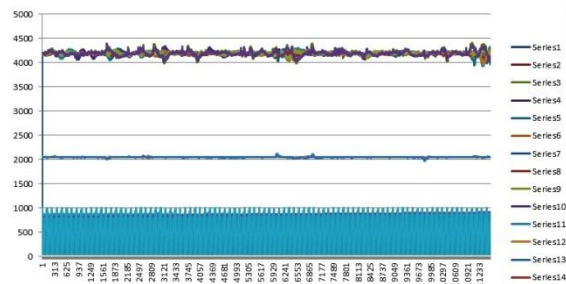
1. Pasang Emotiv Epop+ dikepala.
2. Pasang USB Dongle sebagai penerima data pada PC.
3. Buka program Emotiv Xavier TeshBench untuk mengamati gelombang EEG.
4. Buka program Emotiv Xview ControlPanel.
5. Buka program Emotiv Xview Emokey.
6. Nyalakan *mobile robot*.



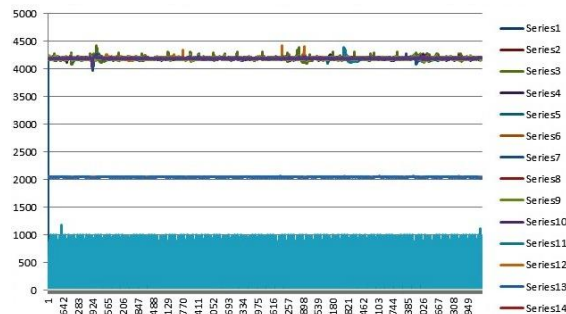
Gambar 3. Gelombang EEG saat tindakan Right



Gambar 4. Gelombang EEG saat tindakan Pull

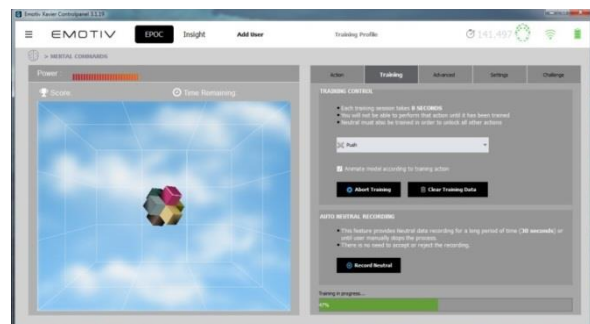


Gambar 5. Gelombang EEG saat tindakan Left

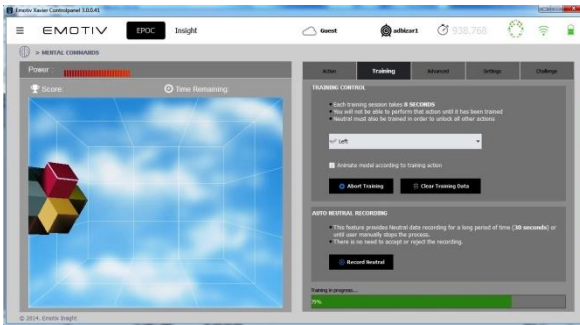


Gambar 6. Gelombang EEG saat tindakan Pull

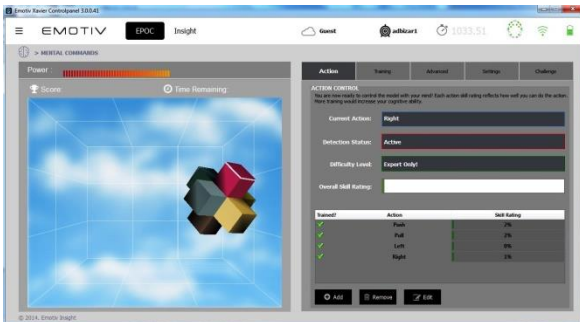
Pada saat pengguna menggerakkan kubus virtual dengan imajinasinya, tindakan tersebut akan berhubungan dengan tindakan yang dilakukan oleh *mobile robot*. Jika pengguna membayangkan menggerakkan kubus kearah kanan, *mobile robot* akan bergerak kearah kanan, demikian juga dengan tindakan lainnya. Detail hubungan antara gerak kubus virtual dengan *mobile robot* seperti table 1.



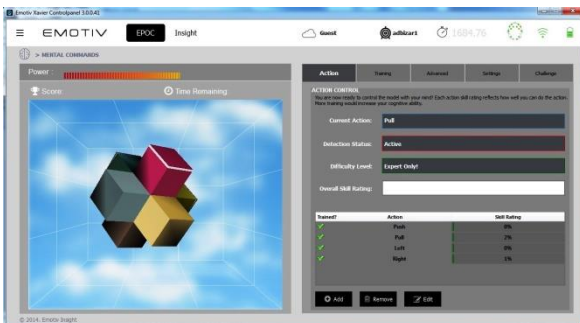
Gambar 5. Kubus virtual saat tindakan Push



Gambar 9. Kubus virtual saat tindakan Left

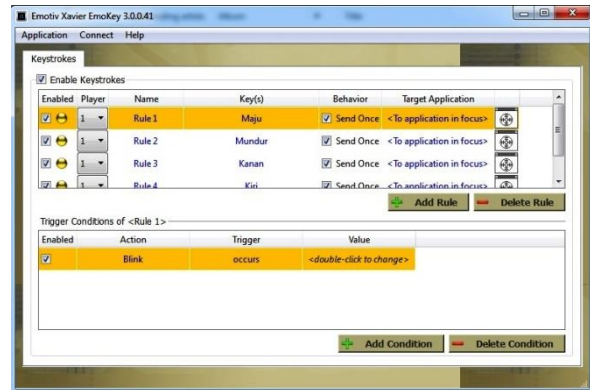


Gambar 10. Kubus virtual saat tindakan Right



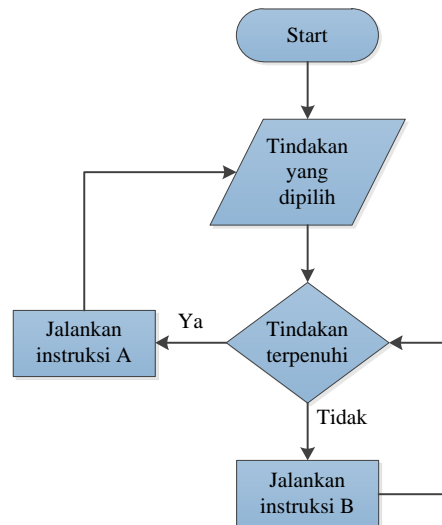
Gambar 11. Kubus virtual saat tindakan Pull

Untuk menggeser kubus virtual tersebut, harus banyak-banyak berlatih, menjaga fokus dan memastikan cairan sensor cukup untuk menjaga sensitifitas sensor. Disamping itu perlu diperhatikan indicator sinyal Emotiv Epc+ selama berwarna hijau, artinya sinyal berkualitas baik.



Gambar 12. Emotiv Xavier Emokey

Emotiv Xavier Emokey didalam sistem ini berfungsi untuk mendistribusikan data dan instruksi dari komputer ke mikrokontroler. Transfer data menggunakan Bluetooth HC-5 dan komunikasi USART dari mikrokontroler ATmega16.

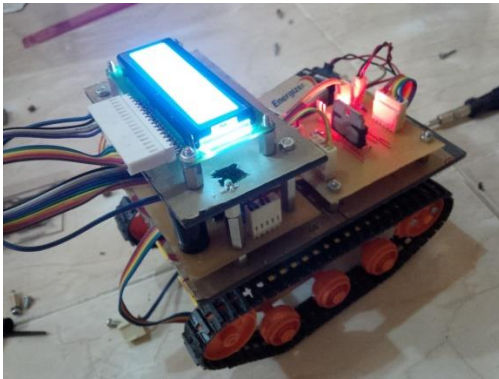


Gambar 6. Diagram alir salah satu tindakan yang akan dijalankan

Tabel 2. Hubungan antara tindakan dan arah gerak mobile robot.

No	Tindakan	Arah Gerak
1	Push	Move Forward
2	Pull	Move backward
3	Right	Turn Right
4	Left	Turn Left
5	Netral	Stop

Mobile robot dirancang sedemikian rupa, terdiri dari rangkain elektronika dan mekanik sederhana yang terbuat dari fiber. *Mobile robot* digerakkan oleh sepasang mini metal gear motor yang disalurkan ke track wheel sebagai roda. Pusat kontrol *mobile robot* yaitu Mikrokontroler ATmega16, didukung oleh rangkaian driver sebagai penguat dan tenaga bersumber dari baterai 9 Volt. *Mobile robot* bergerak memanfaatkan sinyal PWM yang dibangkitkan oleh mikrokontroler ATmega16. Indikator navigasi menggunakan LCD 2 x 16.



Gambar 7. *Prototype mobile robot*

Setelah melakukan pengujian komponen *hardware* dan *software*, *mobile robot* mampu mengikuti perintah sesuai instruksi gelombang otak penulis. Perintah tersebut yaitu maju, mundur, belok kanan, belok kiri, dan berhenti.

Percobaan pertama, kita dapat memilih satu tindakan yaitu "Push", kita diminta untuk membayangkan sedang mendorong sebuah animasi kubus pada Emotiv Cognitiv Suite selama beberapa detik untuk memetakan sinyal EEG pengguna. Setelah tindakan "Push", tambahkan tindakan Pull, Right, Left, dan Netral. Lakukan yang sama dengan membayangkan seolah-olah pengguna menarik kubus pada tindakan "Pull", menggeser kubus kekanan untuk tindakan "Right", dan membayangkan menggeser animasi kubus ke kiri untuk tindakan "Left". Semakin banyak tindakan yang ditambahkan, semakin sulit untuk mengendalikan konsentrasi terhadap animasi kubus tersebut, pengguna harus melakukan latihan terus-menerus agar kubus tersebut dapat dikontrol dengan baik.

4. Simpulan

Sistem kontrol berbasis *Brain Computer Interface* (BCI) memungkinkan komunikasi dari otak manusia untuk mengendalikan *mobile robot* sederhana yang dibangun berbasis mikrokontroler ATmega16 ditambah rangkaian elektronika pendukung yaitu

Bluetooth HC-5 dan rangkaian driver, *mobile robot* mampu mengikuti perintah penulis dari sinyal EEG yang ditangkap oleh perangkat Emotiv Epoc+.

Sinyal otak ditangkap oleh 14 elektroda dikirimkan kekomputer untuk filter karena mengandung artifac dan kebisingan otak yang mengganggu sinyal EEG sebenarnya. Sinyal EEG yang telah difilter kemudian diklasifikasikan kedalam bagian-bagian berbeda yang pada akhirnya dijadikan sebagai instruksi untuk mengendalikan arah gerak *mobile robot*. Sinyal-sinyal yang telah diklasifikasikan tersebut selanjutnya dikirimkan ke mikrokontroler untuk membangkitkan sinyal PWM untuk mengatur seberapa cepat putaran roda dan arah *mobile robot*, maju, mundur, belok kanan, atau belok kiri.

Mikrokontroler ATmega16 diprogram menggunakan Bahasa C dan memanfaatkan *software* CodeVision AVR.

Ucapan Terimakasih

Karya ini terselesaikan dengan baik berkat Do'a, dukungan dan bimbingan berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Sastra Kusuma Wijaya selaku pembimbing penulis yang telah memberikan ide dan sarannya selama bimbingan Tesis.
2. Bapak Dr. Santoso dan Bapak Dr. Prawito selaku penguji penulis, dimulai dari sidang proposal, seminar hasil riset, hingga seminar Tesis.
3. Seluruh dosen dan staff Departemen Fisika Universitas Indonesia yang telah memberikan dukungan tidak terhingga sehingga Tesis ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Terima kasih kepada rekan-rekan seperjuangan di kekhususan Sistem dan Instrumentasi Fisika angkatan 2013 dan 2014 untuk seluruh dukungannya.
5. Terima kasih kepada seluruh Civitas akademik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu untuk semua bantuannya.

Menyadari keterbatasan didalam penelitian ini, tentu masih banyak kekurangan yang harus dilengkapi. Tentu saja penulis menerima kritik dan saran yang membangun agar penelitian ini semakin sempurna. Penulis berharap penelitian ini tidak berhenti sampai disini dan yang membaca karya ini berkenan melanjutkan ketingkat yang lebih baik.

Daftar Acuan

- [1] A. Badcock, Nicholas., & A. Preece, Kathryn. Validation of the Emotiv EPOC EEG system for research quality auditory event-related potentials in children. North Ryde, NSW, Australia. Badcock et al (2015). p. 3-7.
- [2] Al-Ayyoub, Mahmoud., Abed Al-Rahman, Al-Hassan., Qadoumi, Yazan. Mind-Controlling Green Unmanned Vehicles through the Cloud: Building a Prototype. Journal of Advances in Information Technology Vol. 6, No. 1 (2015). p. 2-4.
- [3] Andrianto, Heri. (2016). Arduino, Belajar Cepat dan Pemrograman. Bandung. Penerbit Informatika (2013). p. 77-195.
- [4] Bejo, Agus. Rahasia Kemudahan Bahasa C Dalam Mikrokontroler 8535. Yogyakarta. Graha Ilmu (2007). p. 173-187.
- [5] Fattouh, Anas., Horn, Odile., & Bourhis, Guy. Emotional BCI Control of a Smart Wheelchair. IJCSI International Journal of Computer Science Issues, Vol. 10, Issue 3, No 1, May 2013, p. 1694-0814.
- [6] Ilah N. Alshbatat, Abdel., & J. Vial, Prashan Premaratne, Peter. EEG Based Brain Computer Interface for Automating Home Appliances. JOURNAL OF COMPUTERS, VOL. 9, NO. 9 (2014). p. 2160-2163.
- [7] Kawala-Janik, Aleksandra., Baranowski, Jerzy., & Podpora, Michal. (2014). Use Of A Cost Effective Neuroheadset Emotiv Epoc For Pattern Recognition Purposes. Opole, Poland. International Journal of Computing (2014). p. 2-4.
- [8] Shah, Rishab., N.S, Harish., & Rathna, G.N. (2015). A Smart Home Control And Monitoring System For The Disabled. Bangalore, India. International Journal of Electronics and Communication (IJECET) (2015). p. 2-7.
- [9] Vokorokos, Liberios., & Mados, Branislav. (2012). Data Acquisition in Non-Invasive Brain Computer Interface Using Emotiv Epoc Neuroheadset. Slovak Republic. Technical University of Košice (2012). p. 2-3.