

PERANCANGAN SISTEM MEKATRONIKA BERBASIS ARDUINO DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR *ELECTROENCEPHALOGRAM* (EEG) UNTUK PEMBACAAN SINYAL OTAK

Gilar Pandu Annanto*, Agung Nugroho, Imam Syafa'at, Hendrawan Ariefudin, dan Sholeh Budi Utomo

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim
Jl. Menoreh Tengah X/22, Sampangan, Semarang 50236.

*Email: gilarpanduannanto@unwahas.ac.id

Abstrak

Electroencephalogram (EEG) merupakan salah satu biomedical sensor yang mampu membaca gelombang otak. Sama halnya dengan biomedical sensor lainnya (EMG/ECG), sensor ini mampu dikembangkan lebih lanjut diberbagai bidang salah satunya dibidang robotika. Penelitian ini menghasilkan sebuah sistem mekatronika yang mampu untuk membaca gelombang otak menggunakan sensor electroencephalogram (EEG). Hasil dari sinyal yang ditangkap kemudian diolah menjadi suatu sinyal atensi yang digunakan untuk mengetahui tingkat fokus dari seseorang. Sinyal atensi inilah yang kemudian digunakan sebagai trigger apabila nilai yang didapat mampu melewati threshold yang ditetapkan.

Kata kunci: EEG, mekatronika, BCI, Arduino.

PENDAHULUAN

Electroencephalogram (EEG) pertama kali dikenalkan Hans Berger pada tahun 1929. Pada dasarnya, EEG memiliki kesamaan dengan electrocardiogram (ECG) yang biasa digunakan untuk mememantau aktivitas dari jantung, tetapi EEG diletakan di bagian kepala. Elektroda EEG yang diletakan pada kepala dapat digunakan untuk mendeteksi gelombang listrik yang terjadi saat neuron pada otak berkomunikasi satu sama lain (Casson dkk, 2018). Sinyal yang dihasilkan oleh sensor electroencephalogram (EEG) merupakan sinyal berjenis analog dan dapat dikategorikan sebagai biomedical signal layaknya sinyal yang dihasilkan oleh sensor electrocardiogram (ECG) dan electromyogram (EMG) (Zubrzycki dkk, 2015). Apabila merujuk pada penelitian – penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan pemanfaatan dari biomedical signal, seperti yang dilakukan oleh Ariyanto dkk (2015), Pambudi dkk (2019) dan Annanto dkk (2019;2021) yang memanfaatkan sinyal dari sensor EMG sebagai input untuk menggerakkan tangan palsu aktif, maka dapat disimpulkan bahwa sensor EEG dapat digunakan untuk kebutuhan yang serupa.

Mengingat cukup banyak potensi yang dapat dikembangkan dengan memanfaatkan sensor EEG, sehingga tujuan dari penelitian ini adalah merancang sebuah sistem mekatronik sederhana yang dapat digunakan untuk membaca

sinyal otak dan kemudian hari dapat dikembangkan lagi untuk berbagai keperluan.

METODE PENELITIAN

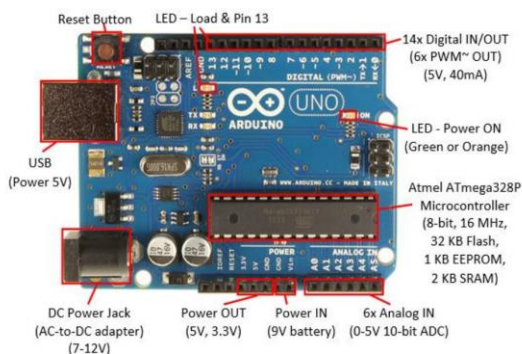
Penelitian ini menggunakan *neurosky mindwave mobile* sebagai alat deteksi sinyal otak yang menggunakan sensor *electroencephalogram (EEG)*. Alat ini dapat mengukur gelombang otak dan memiliki kemudahan untuk kemudian dikembangkan karena sinyal yang dihasilkan tidak dienkripsi (Sezer dkk, 2015).



Gambar 1. *Neurosky mindwave mobile*

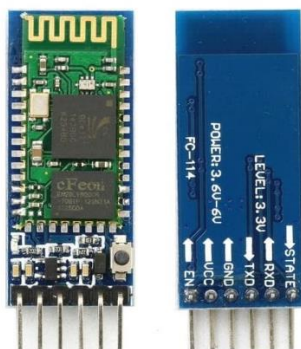
Alat ini terdiri dari sebuah sensor kering yang akan diletakan pada bagian dahi dari pengguna serta memiliki ground dan sensor

acuan yang ditempatkan pada telinga kiri dari pengguna. Alat ini mampu menghasilkan *sample rates* hingga 512 Hz dan mampu menghasilkan sinyal deteksi berupa gelombang *alpha* (α), *beta* (β), *delta* (δ), *gamma* (γ), dan *theta* (Θ) (Liu dkk, 2013). Sinyal yang dideteksi kemudian akan dikirimkan secara nirkabel dengan memanfaatkan teknologi *bluetooth*. gambar 1 menunjukkan alat yang digunakan. Sebagai pengolah data dalam penelitian ini menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontrol. Arduino Uno ini memiliki 14 *pin digital* yang dapat digunakan sebagai *input/output* & 6 *pin* untuk *analog input*. Tabel 1 Menunjukkan spesifikasi dari Arduino Uno dan gambar 2 menunjukkan model dari Arduino Uno. Arduino Uno diprogram dengan menggunakan bahasa C++ (Datasheet, 2012).



Gambar 2. Arduino Uno
(Datasheet, 2012)

Mikrokontroler ini dipilih karena sudah memiliki fitur yang cukup lengkap untuk bisa digunakan dalam penelitian ini, Arduino Uno akan digunakan sebagai mikrokontroler yang bertugas untuk memproses hasil pembacaan sinyal yang kemudian dapat diolah menjadi perintah tertentu.



Gambar 3. Modul bluetooth HC-05

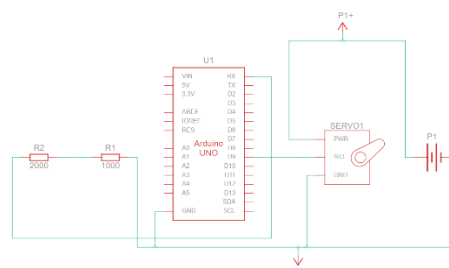
(Studio, 2010).

Desain alat ini menggunakan perangkat komunikasi secara nirkabel. Bluetooth HC-05 digunakan untuk melakukan komunikasi dalam penelitian ini. Modul ini dilengkapi dengan teknologi *Bluetooth V2.0+EDR (enchanched data rate)* dengan kemampuan transfer data sebesar 3 Mbps melalui *tranceiver* dengan gelombang 2.4 GHz (Studio, 2010). Gambar 3 menunjukkan model dari HC-05 yang digunakan.

Tabel 1. Spesifikasi Arduino Uno (Datasheet, 2012)

Mikrokontroler	ATmega328
operating voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

Proses pengiriman data antara sensor dengan mikrokontroler dilakukan secara nirkabel dengan menggunakan modul *bluetooth HC-05*. Pada modul ini, terdapat 6 buah pin yaitu, EN, VCC, GND, TX, RX, STATE. Adapun rancangan sistem yang akan digunakan adalah seperti yang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Rancangan sistim mekatronika

Pin VCC akan terhubung dengan pin daya pada *Arduino*, pin GND akan terhubung dengan pin *ground* pada *Arduino*, pin TX akan terhubung dengan pin RX pada *Arduino*, dan pin RX akan terhubung dengan *voltage divider* yang menggunakan resistor sebesar 1 Kilo Ohm dan 2 Kilo Ohm sebelum terhubung ke pin TX pada *Arduino*.

Sebelum melakukan proses pemrograman, perlu dilakukan pengaturan konfigurasi antara modul *bluetooth* dengan *MindWave*. Proses konfigurasi dilakukan dengan menggunakan *AT command* sebagai berikut :

- AT+UART = 57600, 0, 0 (Mengatur *baud rate* agar sesuai dengan yang digunakan *MindWave*)
- AT+ROLE =1 (Mengatur modul agar menjadi *master*)
- AT+PSWD=0000 (Mengatur sandi yang digunakan oleh *MindWave*)
- AT+CMODE=0 (Mengatur modul agar terhubung pada *device* tertentu)
- AT+PAIR = addr (Mengatur agar modul melakukan *pairing* dengan *bluetooth address* yang terdapat pada *MindWave*).

Setelah dilakukan proses konfigurasi antara modul *bluetooth* dengan *MindWave*, barulah dapat dilakukan proses pemrograman pada mikrokontroler. Adapun proses pemrograman dilakukan dengan menggunakan *Arduino IDE* seperti yang terlihat pada gambar 5.

```

1 // Include the library
2 #include <Servo.h>
3 #include <Arduino.h>
4 #include <Servo.h>
5
6 // Define pins
7 #define SERVO_PIN 9
8 #define ATTEN_PIN 10
9 #define GND_PIN 11
10
11 // Define variables
12 int servoAngle = 0;
13 int attenValue = 0;
14
15 // Define functions
16 void setup() {
17   Serial.begin(9600);
18   pinMode(ATTEN_PIN, INPUT);
19   pinMode(SERVO_PIN, OUTPUT);
20   delay(1000);
21 }
22
23 void loop() {
24   // Read the atten value
25   int attenRaw;
26   while (!Serial.available()) {}
27   attenRaw = Serial.parseInt();
28   return attenRaw;
29 }
    
```

Gambar 5. Pemrograman dengan *Arduino IDE*

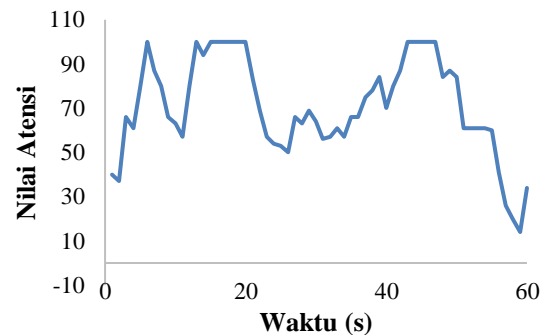
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem dilakukan dengan memasang sensor pada *study participant* seperti yang terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. *Study participant* yang sedang melakukan proses uji coba

Pada proses pengujian ini, *study participant* akan diinstruksikan untuk memikirkan kata “Genggam” selama 15 detik. Instruksi ini dilakukan sebanyak 2 kali dengan jeda 15 detik. Hasil pembacaan gelombang otak saat melakukan proses ini dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil pembacaan gelombang otak melalui sensor *EEG*.

Gambar 7 menunjukkan hasil pembacaan yang berupa nilai atensi terhadap waktu. Apabila mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Liu dkk (2013), nilai atensi merupakan nilai rasio (R) antara nilai energi pada gelombang *alpha* dengan gelombang *beta*. Adapun persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$E_{\alpha} = \sum_{freq=8}^{13} P_{freq} \quad (1)$$

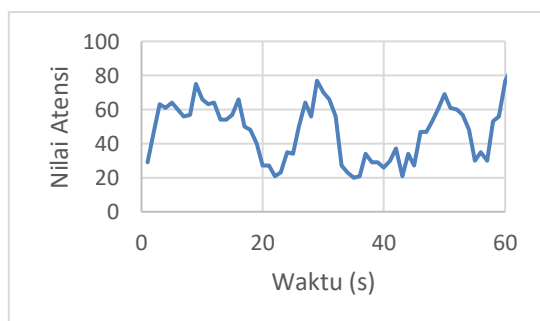
$$E_{\beta} = \sum_{freq=14}^{30} P_{freq} \quad (2)$$

$$R = \frac{E_{\alpha}}{E_{\beta}} \quad (3)$$

Nilai atensi memiliki *range* sebesar 0 – 100 dengan kategori nilai >50 menunjukkan aktivitas otak dalam keadaan relaksasi, 50 – 60 menunjukkan aktivitas otak dalam keadaan netral, 70-80 menunjukkan aktivitas otak cukup tinggi dan >80 menunjukkan sangat fokus. Merujuk pada Gambar 7, terlihat bahwa pada saat *study participant* diinstruksikan memikirkan sesuatu, tingkat atensi pun meningkat hingga nilai maksimum.

Namun, tidak semua orang dapat mencapai nilai maksimum walaupun dengan instruksi yang sama. Gambar 8 menunjukkan hasil pembacaan pada salah satu *study participant* lainnya, diketahui bahwa nilai atensi hanya berada pada nilai sekitar 80. Perbedaan nilai atensi yang didapatkan dapat dipengaruhi oleh beberapa factor salah satunya yaitu lingkungan saat pengambilan data. Maka dari itu diperlukan pengambilan data lagi dengan mengatur kondisi lingkungan agar lebih kondusif.

Nilai atensi yang didapatkan pada proses ini, kemudian dapat digunakan sebagai sebuah *threshold* yang dapat diaplikasikan salah satunya dalam sistim tangan palsu berbasis robotika. Apabila nilai atensi yang terbaca melewati *threshold* yang ditentukan, maka akan memicu gerakan Servo sehingga tangan palsu tersebut dapat bergerak ke posisi yang diinginkan. Namun untuk pengembangan ke arah ini, masih diperlukan pengumpulan data lebih lanjut agar dapat menentukan nilai batas yang dirasa cukup optimal pada semua orang.



Gambar 8. Hasil pembacaan pada *study participant* lain.

PENUTUP

Kesimpulan

Telah berhasil dirancang sebuah sistim Mekatronika yang mampu untuk membaca gelombang otak menggunakan sensor *electroencephalogram (EEG)*. Hasil dari sinyal yang ditangkap kemudian diolah menjadi suatu

sinyal atensi yang digunakan untuk mengetahui tingkat fokus dari seseorang. Sinyal atensi inilah yang kemudian digunakan sebagai *trigger* apabila nilai yang didapat mampu melewati *threshold* yang ditetapkan.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi serta pihak Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LP2M) Universitas Wahid Hasyim yang telah memberikan dukungan berupa moril dan materiil. Dukungan moril yang berupa kepercayaan LP2M kepada dosen untuk melaksanakan penelitian serta dukungan materiil dari Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi yaitu bantuan dana operasional dalam skema hibah Penelitian Dosen Pemula (PDP) tahun 2022.

DAFTAR PUSTAKA

- Annanto, G.P., Haryanto, I. and Ismail, R., 2021, October. A Computational Stress Analysis of Active Prosthetic Hand “Asto Hand V4” for the Loaded Hook Position. In *2021 IEEE International Biomedical Instrumentation and Technology Conference (IBITeC)* (pp. 130-135). IEEE.
- Annanto, G.P., Ismail, R., Haryanto, I., Ariyanto, M. and Pambudi, K.A., 2019, October. Numerical Analysis of Stress and Displacement on The Middle Finger of The Prosthetic Hand Due to Hook Position. In *2019 International Biomedical Instrumentation and Technology Conference (IBITeC)* (Vol. 1, pp. 123-126). IEEE.
- Ariyanto, M., Caesarendra, W., Mustaqim, K.A., Irfan, M., Pakpahan, J.A., Setiawan, J.D. and Winoto, A.R., 2015, October. Finger movement pattern recognition method using artificial neural network based on electromyography (EMG) sensor. In *2015 International Conference on Automation, Cognitive Science, Optics, Micro Electro-Mechanical System, and Information Technology (ICACOMIT)* (pp. 12-17). IEEE.
- Casson, A.J., Abdulaal, M., Dulabh, M., Kohli, S., Krachunov, S. and Trimble, E., 2018. Electroencephalogram. In *Seamless healthcare monitoring* (pp. 45-81). Springer, Cham.

- Datasheet, A.U., 2012. Farnell. *London, UK*.
- Liu, N.H., Chiang, C.Y. and Chu, H.C., 2013. Recognizing the degree of human attention using EEG signals from mobile sensors. *sensors*, 13(8), pp.10273-10286.
- Pambudi, K.A., Ismail, R., Ariyanto, M., Setiawan, J.D. and Annanto, G.P., 2019, October. Performance Test of Fingers on 3D Printed Myoelectric Prosthetic Hand. In *2019 International Biomedical Instrumentation and Technology Conference (IBITeC)* (Vol. 1, pp. 37-40). IEEE.
- Sezer, A., İnel, Y., Seçkin, A.Ç. and Uluçınar, U., 2015, May. An investigation of university students' attention levels in real classroom settings with NeuroSky's MindWave mobile (EEG) device. In *International educational technology conference, İstanbul, Turkey* (Vol. 27, No. 29, pp. 88-101).
- Studio, I., 2010. HC-05-Bluetooth to serial port module. *Datasheet, June*.
- Zubrzycki, J., Jonak, K., Opielak, G., Krukow, P. and Maciejewski, R., 2015. Application of IT Methods for the Identification and Analysis of EEG Signals. In *Applied Mechanics and Materials* (Vol. 791, pp. 335-341). Trans Tech Publications Ltd.