

# Rancang Bangun Functional Electrical Stimulation untuk Rehabilitasi Otot Lower Limb

Ahmad Zahari Iqbal, Her Gumiwang Ariswati, Endang Dian Setioningsih  
Jurusan Teknik Elektromedik Poltekkes Kemenkes, Surabaya  
Jl. Pucang Jajar Timur No. 10, Surabaya, 60245, Indonesia

**Abstrak**— Therapy tool is a tool used to stimulate the body parts that want one example is Electrical Stimulation, one example of electrical stimulator tool that is FES (Functional Electrical Stimulation). FES is a method that applies a low level of electric shock to the body to restore and enhance the day-to-day activities of patients who have spinal injuries, one of which is in the Lower Limb section. On this occasion the author wanted to create a "Functional Electrical Stimulation build for Lower Limb muscle Rehabilitation". In this electrostimulator use surface electrode highly recommended, besides being non-invasive electrode, this electrode also provides comfort and easy to use. (Azman, DKK: 2012) This tool uses Biphasic Simetric Square Wave pulse form. The study used a pre-experimental type with One Group post test design research design. Measurements are done 5 times the digital oscilloscope. At the oscilloscope is the frequency of the smallest error value 0.08% and the largest error of 1% and the voltage measurements on the oscilloscope have the smallest error value and the largest error of 0%.

**Kata Kunci**—FES; Functional Electrical Stimulation ; Atmega328;

## I. PENDAHULUAN

*Functional Electric Stimulation* (FES) telah banyak diteliti untuk digunakan dalam restorasi kemampuan motoric pada pasien yang mengalami kerusakan pada susunan syaraf pusat yang diakibatkan oleh *spinal cord injury* (SCI) maupun stroke. Penelitian mengenai FES pada level klinis mencakup restorasi kemampuan gerak dari alat gerak manusia bagian atas (*Upper Limb*) maupun bawah (*Lower Limb*) dalam kehidupan sehari-hari, seperti menggenggam (*Grasping*), berdiri (*Standing*), & berjalan (*Gait*). Di Indonesia, banyak penderita kelumpuhan yang mengalami hilang kemampuan berjalan yang diakibatkan oleh gangguan system syaraf motorik akibat *spinal cord injury* atau kerusakan pada otak (*brain damage*). (Rachmad Setiawan & Achmad Arifin, 2012). Gangguan system syaraf antara lain disebabkan fungsi otot yang tidak normal.

Otot digunakan untuk mengontrol pergerakan tuas tulang di sekitarnya sumbu sendi, membantu menstabilkan pergerakan dan mobilitas sendi dalam struktur manusia. Ketika *Central Nervous System* (CNS) rusak karena *Spinal Cord Injury* (SCI), jalur alami sinyal listrik antara CNS dan *Peripheral Nervous Sistem* (PNS) mengalami gangguan. Jika suplai otot dan saraf masih sehat untuk berfungsi, ada kemungkinan pemulihan beberapa kegiatan sehari-hari yang normal. Suatu jaringan otot memiliki sifat-sifat kontraktilitas dan iritabilitas. Kontraktilitas adalah terkait dengan kemampuan otot untuk mengembangkan ketegangan dan iritabilitas berhubungan dengan kemampuan otot untuk merespon rangsangan. Rangsangan bisa timbul melalui stimulasi listrik.

Frekuensi dari stimulasi listrik akan memberikan kekuatan kontraksi. Kontraksi otot sebagai muatan listrik ditransfer ke otot yang tergantung pada amplitudo/ intensitas, lebar pulsa dan frekuensi denyut. Secara umum, serat otot merespon frekuensi pada 20 Hz (serat *slow-twitch*) menjadi 80-150 Hz (*serat fast-twitch*) [4]. Otot dirangsang antara 10 Hz hingga 30 Hz akan menghasilkan gaya yang lebih rendah tetapi frekuensi konsisten 30 Hz akan membantu mempertahankan kekuatan lebih baik. Frekuensi kurang dari 16Hz tidak berguna dalam menghasilkan melakukan terapi. Pada serat otot *fast-twitch* diberikan frekuensi yang lebih tinggi akan mengakibatkan kelelahan. Untuk menghindari kelelahan dan menghasilkan lebih banyak torsi di otot saat menerapkan rangsangan listrik. *Functional electrical stimulation* (FES) dengan frekuensi yang dapat disesuaikan, lebar pulsa dan intensitas akan membantu mengembalikan fungsi normal pasien yang lumpuh dan meningkatkan harapan hidup. (Kunal Bhoynia, Chetan B. Bhatt , Chirag Panchal, 2017)

Alat ini pernah dibuat oleh Robi'ah Adawiyah tahun 2016 dengan judul "*Rancang Bangun Functional Electrical Stimulator untuk membantu Fungsi Ekstremitas Atas pada penderita stroke*". Pada alat tersebut pemilihan frekuensi hanya 3 variasi 23,25,27 Hz dan bentuk keluaran gelombang kotak dan digunakan pada ekstremitas atas. Alat ini juga sudah pernah dibuat oleh Riza Umi Nurjannah tahun 2018 dengan judul "*Rancang Bangun Functional Electrical Stimulator dengan Pulsa Monophasic Spike untuk mengembalikan fungsi Motorik Ekstremitas Atas Pasien Pasca Stroke*". Pada alat tersebut pemilihan frekuensi bervariasi dari 20-50 Hz dan bentuk keluaran gelombang kotak dan digunakan pada ekstremitas atas.

Berdasarkan hasil identifikasi masalah di atas, maka penulis akan membuat alat "**Rancang Bangun Functional Electrical Stimulation untuk Rehabilitasi Otot Lower Limb**".

**II. BAHAN-BAHAN DAN METODE**

*A. Setting Percobaan*

Percobaan ini dilakukan dengan mengambil data pada Osiloskop dari rentang frekuensi 10-100Hz yang dilakukan 5 kali pengukuran pada frekuensi 10Hz, 20Hz, 30Hz, 40Hz, 50Hz, 60Hz, 70Hz, 80Hz, 90Hz, 100Hz.

*1) Bahan dan Alat*

Percobaan ini menggunakan Driver H-Bridge untuk driver serta Boostconverter untuk step up tegangan. Minimum system ATmega328 digunakan untuk memproses perintah program yaitu berupa frekuensi dan intensitas arus.. sebuah Osiloskop untuk pembacaan frekuensi. Avometer untuk pembacaan arus

*2) Eksperimen*

Pada penelitian ini, setelah desain sudah selesai dikerjakan kemudian dicoba pada osiloskop untuk melihat frekuensi dan Avometer untuk melihat intensitas arus.

*B. Diagram Balok*

Pada eksperimen ini elektroda dicoba pada osiloskop kemudian diukur frekuensi yang terbaca dari 10Hz, 20Hz, 30Hz, 40Hz, 50Hz, 60Hz, 70Hz, 80Hz, 90Hz, 100Hz. Pada penelitian ini Boost converter disambungkan ke Driver H-Bridge pada Fig. 1. Minimum system digunakan untuk mengontrol Driver H-Bridge melalui layar Nextion. Driver H-Bridge akan menyalurkan frekuensi dan arus listrik ke elektroda.

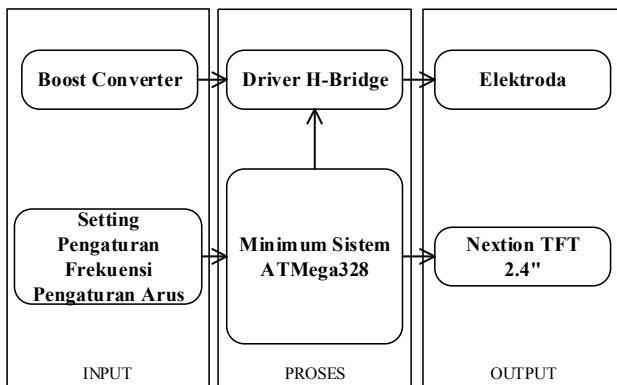


Fig. 1. Blok Diagram Functional Electrical Stimulation

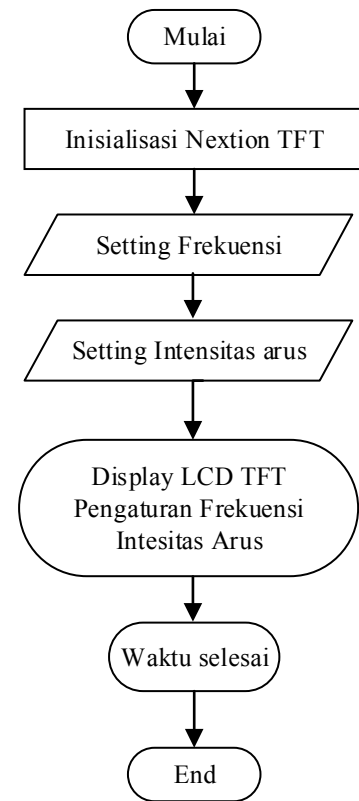


Fig. 2. Diagram Alir Program Arduino

*C. Diagram Alir*

Program Arduino dibuat berdasarkan diagram alir yang ditampilkan pada Fig. 2. Setelah inisialisasi pada layar Nextion TFT, minimum system akan mengolah perintah yang diatur oleh user. Kemudian waktu akan berjalan, setelah waktu tercapai proses terapi selesai.

*D. Rangkaian Keseluruhan*

Rangkaian Driver H-Bridge di Fig. 3 dihubungkan ke PORTD6 dan PORTD7 untuk pengaturan frekuensi, Analog read untuk membaca arus pada minimum system ATmega328.

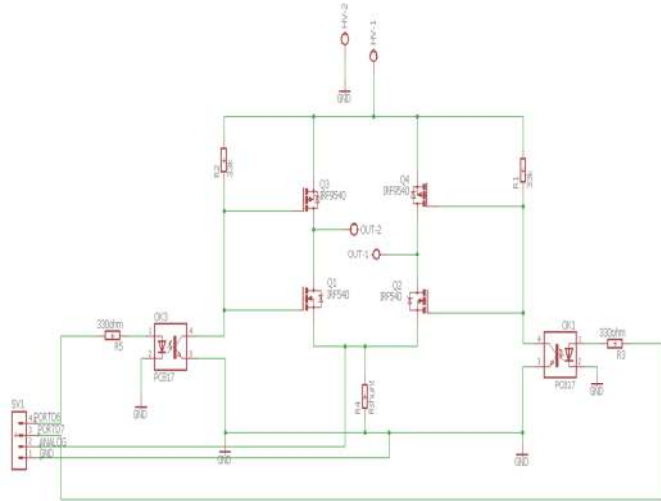


Fig. 3. Driver H-Bridge

**III. HASIL**

Dipenelitian ini telah dibuat dengan pengaturan frekuensi dan arus pada alat



Fig. 4. Desain Functional Electrical Stimulation



Fig. 5. Bagian komponen dari Functional Electrical Stimulation

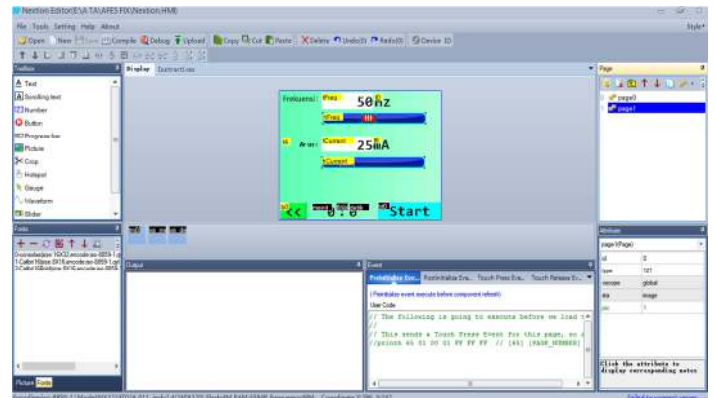


Fig. 6. Desain pada aplikasi Nextion Editor

*1) Desain Functional Electrical Stimulation*

Foto dari alat functional electrical stimulation ditampilkan pada Fig. 4 and Fig. 5. Bagian komponen terdiri dari minimum system ATmega328 yang mana merupakan system utama , boost converter, dan layar Nextion TFT.

*2) Listing Program Arduino untuk Functional Electrical Stimulation.*

Pada tulisan ini, software untuk pemrograman yang digunakan berupa Arduino. Listing program untuk Arduino ditampilkan pada Listing Program 1. Yang mana berisi program untuk mengirim data ke serial dan menampilkannya ke layar TFT Nextion.

Listing program 1. Untuk mengirimkan data ke hardware layar TFT Nextion

```
NexText t0 = NexText(1, 2, "tFreq");
NexText t2 = NexText(1, 7, "tCurrent");
NexSlider h0 = NexSlider(1, 3, "hFreq");
NexSlider h2 = NexSlider(1, 8, "hCurrent");
NexDSButton bt0 = NexDSButton(1, 5, "bt0");

NexTouch *nex_listen_list[] = {&h0,&h2,&bt0, NULL};

void h0PopCallback(void *ptr)
{
    char temp[10] = {0};
    dbSerialPrintln("h0PopCallback");

    h0.getValue(&pulse_freq);
    utoa(pulse_freq, temp, 10);
    t0.setText(temp);
    set_frequency(pulse_freq);
}

void h2PopCallback(void *ptr)
{
    char temp[10] = {0};
    dbSerialPrintln("h2PopCallback");

    h2.getValue(&current_mA);
    utoa(current_mA, temp, 10);
    t2.setText(temp);
}

void bt0PopCallback(void *ptr)
{
    uint32_t dual_state;
    /* Get the state value of dual state button component . */
    bt0.getValue(&dual_state);
    dbSerialPrint("dS:");
    dbSerialPrintln(dual_state);
    if(dual_state)
    {
        bt0.setText("STOP");
        dbSerialPrintln("STOP");
        state = STATE_RUNNING;
    }
    else
    {
        bt0.setText("START");
        dbSerialPrintln("START");
        state = STATE_IDLE;
    }
}
```

Untuk pengaturan frekuensi dan arus . listing program ditampilkan di Listing Program 2.

```
Timer1.initialize(50); // ini bagian program frekuensi
set_frequency(pulse_freq);
Timer1.attachInterrupt(timer_tick);

///////// Ini Bagian program arus/////////
while (micros() - t_start < period) {
    Inow = analogRead(CURRENT_SENS);
    Isum += Inow*Inow;
    measurements_count++;
}

float Irms = sqrt(Isum / measurements_count) / 1023.0 *
5.0 / 33 ;
return Irms;
}
```

Listing Program 2. Program to pengaturan frekuensi dan arus

3) *Phototherapy Radiometer Output Display*

The device was tested using double surface phototherapy with distance 10, 20, 30, and 40 cm.

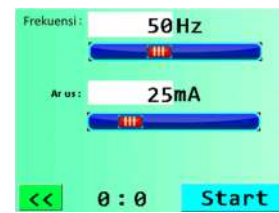


Fig. 7. Pengaturan Frekuensi dan Arus (40 cm)

4) *Error dari frekuensi*

Nilai yang didapat dari pengukuran osiloskop. Error di tampilkan pada Table I.

- [4] Tadej Badj, Markoh Munih, 2014. *Basic Functional Electrical Stimulation Fes Of Extremities An Engginer's view*. Slovenia : Faculty of Electrical Engineering University of Ljubljana Slovenia

TABLE I. THE ERROR OF MEASUREMENT FOR BLUE LIGHT VALUE BETWEEN THE DESIGN AND CALIBRATOR.

Frekuensi	Error	Ua
10 Hz	0%	0
20 Hz	0%	0
30 Hz	0%	0
40 Hz	0%	0
50 Hz	0%	0
60 Hz	0%	0
70 Hz	0%	0
80 Hz	0,0125%	0
90 Hz	0%	0
100 Hz	0%	0

#### IV. PEMBAHASAN

Desain Functional Electrical Stimulation telah dibuat dan selsai pada penelitian ini. Berdasarkan dari data frekuensi yang didapat pada pengukuran 10Hz, 20Hz, 30Hz, 40Hz, 50Hz, 60Hz, 70Hz, 80Hz, 90Hz, 100Hz.

Dengan membandingka output dengan osiloskop. Error yan terdapat pada nilai frekuensi 80Hz yaitu sebesar 0,0125%. Untuk menggunakan alat ini lebih lama dibutuhkan kapasitas batrai yang lebih tinggi.

#### V. KESIMPULAN

Pada penelitan ini telah dilakukan pengukuran dengan osiloskop pada alat Functional Electrical Stimulation. Alat ini dibuat dengan menggunakan minimum system ATMega328, Boost Converter, Nextion TFT display. Penelitian ini terbukti dengan adanya penggunaan alat terapi sesuai frekuensi yang diinginkan oleh user.

#### REFERENCES

- [1] Kunal Bhoyania, Chetan B. Bhatt, Chirag Panchal, 2017 *Development of Programmable Multichannel Biphasic Pulse Generator for FES* International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT) – Volume-44 Number-3 -February 2017 ISSN: 2231-5381
- [2] Alon G. 2013. Functional Electrical Stimulation (FES): Transforming Clinical Trials to Neuro-Rehabilitation Clinical Practice- A Forward J Nov Physiother Volume 3 Halaman 2 ISSN:2165-7025 JNP
- [3] Achmad Arifin, 2005. *A Computer Simulation Study on the Cycle-to-Cycle Control Method of Hemiplegic Gait Induced by Functional Electrical Stimulation*, Japan: Tohoku University, A Doctoral Dissertation.