

Alarm warning dan rem otomatis berbasis detak jantung pada olahraga bersepeda

Hari Kurnia Safitri¹, Yogi Dwi Saputra²

e-mail: hari.kurnia@polinema.ac.id, yogidsaputrazx1997@gmail.com

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

²Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 22 Maret 2021

Direvisi 18 Oktober 2021

Diterbitkan 29 Oktober 2021

Kata kunci:

Detak Jantung

Grove Heart Rate Sensor

Arduino MEGA 2560

ABSTRAK

Jantung merupakan organ vital pada tubuh manusia. Oleh karena itu, penting dalam memelihara kesehatan jantung. Salah satunya melalui pelatihan berbasis detak jantung, yaitu menjaga detak jantung dalam kisaran yang ditetapkan. Salah satu pengaplikasiannya adalah olahraga bersepeda, namun tidak jarang pesepeda melebihi target maksimal saat bersepeda, sehingga hal tersebut menyalahi aturan dalam pelatihan. Prinsip kerja alat ini adalah mengaktifkan *alarm warning* jika detak jantung pengguna melebihi target maksimal saat latihan dan mengaktifkan rem otomatis ketika pengguna menghiraukan *alarm warning*. Target latihan diperoleh dari perhitungan umur, *maximal heart rate* (MHR), *Rest Heart Rate* (RHR), dan riwayat latihan. Penelitian ini menggunakan *grove heart rate sensor* sebagai sensor detak jantung dengan mikrokontroler Arduino MEGA. Proses pengambilan maupun penyimpanan data pada *database* dilakukan oleh NodeMCU. Motor DC 12V digunakan sebagai penarik rem dengan *driver* motor sebagai pengatur arah dan putaran motor. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa data detak jantung peserta latihan tersimpan dalam database sistem, alarm warning bekerja (*buzzer on*) jika detak jantung peserta diatas 135 bpm, dan rem otomatis bekerja pada saat detak jantung peserta latihan diatas 135 bpm dengan berubahnya panjang tali rem dari 15 cm menjadi 12 cm.

ABSTRACT

The heart is a vital organ in the human body. Therefore, it is important in maintaining heart health. One of them is through heart rate-based training, which is keeping the heart rate within a specified range. One of its applications is cycling, but it is not uncommon for cyclists to exceed the maximum target when cycling, so that this violates the rules in training. The working principle of this tool is to activate an alarm warning if the user's heart rate exceeds the maximum target during training and activate the automatic brake when the user ignores the alarm warning. Training targets are obtained from the calculation of age, maximal heart rate (MHR), Rest Heart Rate (RHR), and training history. This study uses a grove heart rate sensor as a heart rate sensor with an Arduino MEGA microcontroller. The process of retrieving and storing data in the database is carried out by NodeMCU. DC 12V motor is used as a brake puller with the motor driver to control the direction and rotation of the motor. Base on the test result, it is found that the participant's heart rate data is stored in the database system, the alarm warning work (buzzer on) if the participant's herat rate is above 135 bpm, and the brakes automatically work when the participant's herat rate is above 135 bpm by changing the length of the brake rope from 15cm to 12 cm.

Penulis Korespondensi:

Yogi Dwi Saputra

Jurusan Teknik Elektro,

Politeknik Negeri Malang,

Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Jawa Timur, Indonesia.

Email: yogidsaputrazx1997@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Jantung adalah salah satu organ vital pada tubuh manusia yang berfungsi untuk memompa darah ke seluruh tubuh tanpa henti. Oleh karena itu, penting bagi kita untuk memelihara kesehatan jantung. Detak jantung menjadi salah satu faktor untuk menentukan kesehatan jantung. Nilai detak jantung istirahat normal dapat berkisar antara 40 detak per menit hingga 100 detak per menit, dan ketika kebugaran anda meningkat, nilai detak jantung istirahat akan berkurang [1]. Pelatihan berbasis detak jantung merupakan salah satu cara untuk memelihara kesehatan jantung, yaitu mencakup detak jantung pada kisaran yang ditetapkan selama latihan. Kisaran tersebut biasa dikenal sebagai THR atau *Target Heart Rate*. THR adalah target detak jantung per menit yang digunakan sebagai acuan saat melakukan latihan berbasis detak jantung.

Penelitian tentang aplikasi sistem *alarm warning* dan rem otomatis berdasarkan detak jantung belum pernah dilakukan. Pada penelitian ini akan mengaplikasikan sistem *alarm warning* dan rem otomatis pada olahraga bersepeda berbasis detak jantung pesepeda tersebut. Karena seringkali pesepeda tidak mengetahui berapa target detak jantung pada data latihan. Oleh karena itu, seringkali mereka tidak sadar bahwa mereka memaksakan diri hingga detak jantung mereka melebihi target detak jantung yang dianjurkan saat latihan, sehingga hal tersebut menyalahi tujuan utama dari pelatihan detak jantung yaitu menjaga detak jantung dalam kisaran yang ditetapkan. Untuk itu diperlukan *alarm warning* untuk memperingatkan bahwa detak jantung pesepeda melebihi target maksimal saat latihan dan rem otomatis untuk menghentikan sepeda ketika pesepeda menghiraukan *alarm warning*.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah menggunakan metode penelitian eksperimen. Metode eksperimen merupakan penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap dampaknya dalam kondisi yang terkendali [2]. Penggunaan metode pada penelitian ini yaitu membandingkan detak jantung pesepeda sebelum dan sesudah melakukan pelatihan berbasis detak jantung dalam kurun waktu 3 minggu.

Pada penelitian ini terdapat 2 variabel, yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel terikat, sedangkan variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat adanya variabel bebas [3]. Variabel bebas pada penelitian ini adalah *Target Heart Rate (THR)* dan variabel terikatnya adalah pengaktifan buzzer dan motor DC

2.1 Target Heart Rate (THR)

THR diperoleh dengan memperhitungkan beberapa faktor, diantaranya: Umur (U), *Maximal Heart Rate (MHR)* yaitu nilai maksimum detak jantung, *Rest Heart Rate (RHR)* yaitu nilai detak jantung saat istirahat, *Heart Rate Reserve (HRR)* adalah pengukuran detak jantung yang digunakan sebagai indikator kebugaran, *Target Heart Rate Minimal (THR min)*, *Target Heart Rate Maximal (THR max)* dan riwayat latihan [4].

Maximal Heart Rate (MHR) adalah detak jantung maksimal yang dimiliki oleh seseorang. Detak jantung maksimal tersebut diperoleh menggunakan metode Karvonen [5]. Persamaan dari metode Karvonen adalah sebagai berikut:

$$MHR = 220 - U \quad (1)$$

Rest Heart Rate (RHR) adalah detak jantung saat istirahat atau tidak melakukan aktivitas apapun, *RHR* dapat diperoleh dengan cara menghitung manual jumlah detak jantung selama satu menit atau menggunakan alat bantu yaitu oximeter.

Heart Rate Reserve (HRR) adalah cadangan detak jantung yang dimiliki oleh seseorang. *Heart rate reserve* diperoleh menggunakan persamaan (2).

$$HRR = MHR - RHR \quad (2)$$

Target Heart Rate minimum (THR min) adalah target detak jantung minimal saat melakukan latihan, dengan Intensitas latihan minimum (*I min*). *Target Heart Rate minimum* diperoleh menggunakan persamaan (3).

$$THR \text{ min} = (HRR \times I \text{ min}) + RHR \quad (3)$$

Target Heart Rate Maximal (THR max) adalah target detak jantung maksimal saat melakukan latihan, dengan Intensitas latihan maksimum. *Target Heart Rate Maximum* diperoleh menggunakan persamaan (4).

$$THR \text{ max} = (HRR \times I \text{ max}) + RHR \quad (4)$$

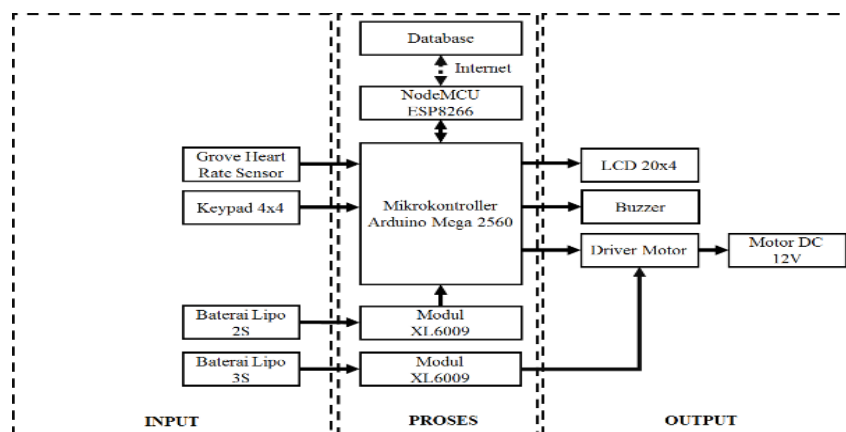
Intensitas latihan yang dianjurkan pada pelatihan berbasis detak jantung ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Intensitas latihan [6]

Fase Program	Minggu	Frekuensi/Minggu	Intensitas Latihan (%)	Durasi
Tahap Awal	1	3	40 - 50	12
	2	3	50	14
	3	3	60	16
	4	3	60 - 70	16
	5	3	60 - 70	18
Tahap Perbaikan	6 - 9	3-4	70 - 80	21
	10-13	3-4	70 - 80	24
	14-16	3-4	70 - 80	24
	17-19	4-5	70 - 80	28
	20-23	4-5	70 - 80	30
	24-27	4-5	80 - 85	30
Tahap Pemeliharaan	26+	3	80 - 85	30 - 45

Namun pada penelitian ini, untuk minggu ke-2 dan ke-3 diberikan rentang 10% dibawah nilai yang ditetapkan untuk menghindari nilai tunggal pada target latihan.

2.2 Blok diagram sistem



Gambar 1. Diagram blok sistem

Pada Gambar 1 dijelaskan bahwa Arduino MEGA 2560 digunakan untuk memproses data dari database dan data input dari keypad untuk menentukan *Target Heart Rate Minimal*, *Target Heart Rate Maximal* dan durasi latihan yang nantinya ditampilkan pada LCD 20x4. Arduino MEGA 2560 juga digunakan untuk pengaktifan buzzer sebagai *alarm warning* dan motor DC 12V sebagai penarik tali rem otomatis. Arduino MEGA 2560 akan mengaktifkan buzzer jika grove heart rate sensor mendeteksi detak jantung pengguna berada diatas *Target Heart Rate Maximal* dan otomatis mati bila detak jantung pengguna berada dibawah *Target Heart Rate Maximal*. Jika buzzer berbunyi hingga 10 detik dan detak jantung pengguna masih berada diatas *Target Heart Rate*, maka Arduino MEGA 2560 akan mengaktifkan motor 12V sebagai penarik tali rem otomatis pada sepeda. Hal tersebut untuk mencegah pengguna memaksakan diri saat latihan. Pengaktifan buzzer hingga waktu 10 detik disini juga dirasa sudah cukup untuk memperingatkan pengguna untuk mengkondisikan detak jantung berada dibawah *Target Heart Rate*.

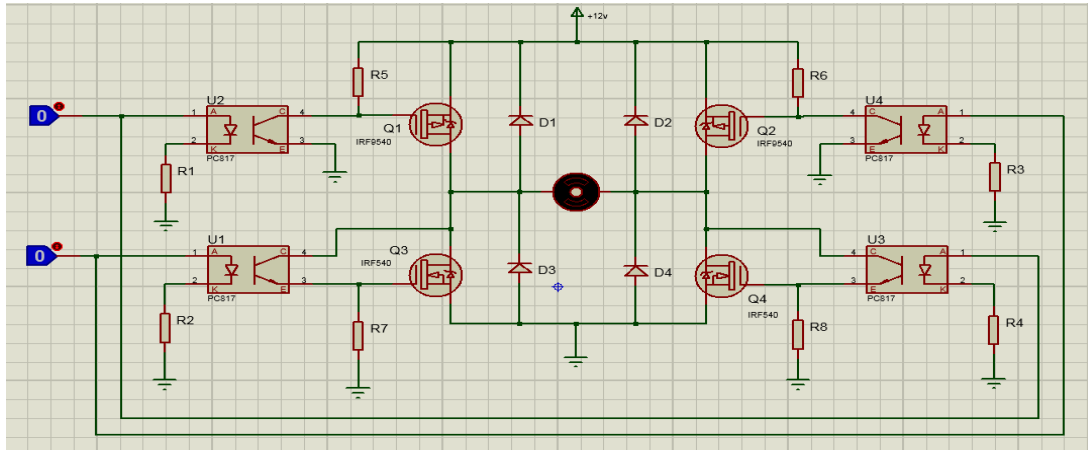
2.2 Perancangan driver motor

Perancangan *Driver* motor pada penelitian ini menggunakan rangkaian *H-bridge* MOSFET, dengan mengontrol motor DC dengan tegangan kerja sebesar 12V DC dan arus maksimal kurang dari 2A, namun sebagai pengaman terjadinya kenaikan arus saat motor DC terdapat beban, maka dibutuhkan MOSFET dengan arus I_D yang lebih besar daripada arus pada motor DC. Pada penelitian ini MOSFET yang digunakan adalah MOSFET IRF9540 dan IRF540. Spesifikasi MOSFET IRF9540 dan IRF540 ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi MOSFET IRF9540 dan IRF540 [7][8]

Type	Kanal	R _{DS} (on) (Ω)	I _D (A)	V _{DSS} (V)	V _{GS}	θ _{JC} (°C/W)	θ _{JA} (°C/W)	T _J (°C)
IRF9540	N	0,2Ω	-19	-100	±20V	1,0	62	175
IRF540	P	0,77Ω	28	100	±20V	1,0	62	175

Rangkaian *Driver* motor pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.

Gambar 2. *Driver motor*

1. Menentukan Nilai Resistor dan diode pengaman

Rangkaian kopling dan penyangga pada optocoupler menggunakan sinyal penggerak dari output mikrokontroler Arduino MEGA 2560 dengan data $V_{OH} = 4,2V$ [9]. Data optocoupler PC817. $V_F = 1,4V$, $I_C = 2,5(\text{min})$, $I_C = 30(\text{max})$, $I_F = 5\text{mA}$ [10].

Untuk menghasilkan nilai I_F sebesar 5mA, maka diperlukan perhitungan untuk menentukan nilai resistor R1, R2, R3 dan R4. Penentuan nilai resistor R1, R2, R3 dan R4 ditunjukkan pada persamaan (5)

$$R_{1-4} = \frac{V_{OH} - V_F}{I_F} \quad (5)$$

Dengan mengetahui $V_{OH} = 4,2V$, $V_F = 1,4V$ dan $I_F = 5\text{mA}$ maka akan diperoleh nilai R_{1-4} sebesar 560Ω.

Dengan menetapkan V sumber motor DC sebesar 12V dan I_C optocoupler sebesar 10mA. Untuk menghasilkan nilai I_C sebesar 10mA, maka diperlukan penentuan nilai resistor R5, R6, R7 dan R8 dengan persamaan (6), dan didapatkan nilai $R_{5-8} = 1,2\text{K}\Omega$.

$$R_{5-8} = \frac{V_S}{I_C} \quad (6)$$

Motor DC yang digunakan pada penelitian ini adalah motor DC dengan arus maksimal motor DC kurang dari 2A sehingga membutuhkan dioda pengaman sebesar 2A pada rangkaian *H-Bridge* MOSFET.

2. Menentukan nilai desipasi daya

Desipasi daya ditetapkan pada suhu ruangan (T_A) = 30°C. Penentuan nilai desipasi daya maksimal (PD_{max}) pada MOSFET IRF9540 dan IRF540 ditunjukkan pada persamaan (7), yang ditentukan oleh suhu sambungan maksimum (T_{Jmax}) dan Resistansi junction to ambient (θ_{JA}). Berdasarkan datasheet MOSFET IRF9540 dan IRF540, nilai $T_{Jmax} = 175\text{ }^\circ\text{C}$ dan (θ_{JA}) = 62, maka desipasi daya yang didapatkan adalah 2,3W

$$PD_{max} = \frac{T_{Jmax} - T_A}{\theta_{JA}} \quad (7)$$

Penentuan nilai desipasi daya MOSFET IRF9540 pada saat kondisi jenuh dipengaruhi oleh arus beban (I_{RL}) dan resistansi drain saat kondisi saklar tertutup (R_{DS}), ditunjukkan pada persamaan (8). Berdasarkan datasheet $I_{RL} = 2A$ dan $R_{DS(on)} = 0,117\Omega$, maka nilai desipasi dayanya adalah 46,8 mW

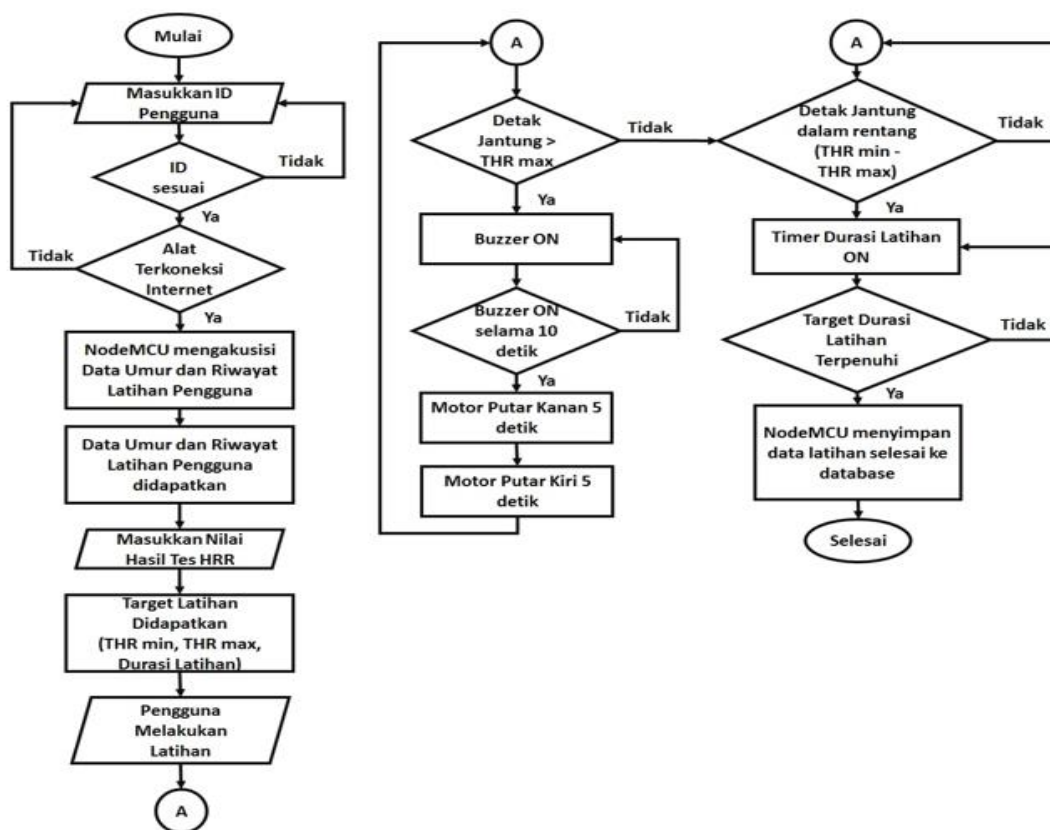
$$PD = I_{RL}^2 \times R_{DS(on)} \tag{8}$$

Penentuan nilai desipasi daya MOSFET IRF540 pada saat kondisi jenuh dipengaruhi oleh arus beban (I_{RL}) dan resistansi drain saat kondisi saklar tertutup (R_{DS}), ditunjukkan pada persamaan (8). Berdasarkan datasheet $I_{RL} = 2A$ dan $R_{DS(on)} = 0,077\Omega$, maka nilai desipasi dayanya adalah 30,8

Berdasarkan penentuan nilai desipasi daya didapatkan pada MOSFET IRF9540 saat kondisi jenuh adalah 46,8mW dan pada MOSFET IRF540 saat kondisi jenuh adalah 30,8mW sedangkan desipasi daya maksimal pada MOSFET IRF9540 maupun IRF540 adalah 2,3W sehingga pada penelitian ini tidak membutuhkan keping pendingin pada MOSFET.

2.3 Perancangan sistem

Pada perancangan sistem ini akan dijelaskan alur dari pembuatan program sesuai sistem pada Arduino MEGA 2560 menggunakan *flowchart*. *Flowchart* sistem Arduino MEGA 2560 ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. *Flowchart* sistem Arduino MEGA2560

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Grove Heart Rate Sensor

Pengujian ini dilakukan pada *Grove Heart Rate Sensor* untuk mengetahui apakah *Grove Heart Rate Sensor* dapat berfungsi dengan baik dan sesuai yang diharapkan. Hasil pengujian *Grove Heart Rate Sensor* ditunjukkan pada Tabel 3.

Dari data hasil pengujian Tabel 3 dilakukan untuk membandingkan pembacaan detak jantung oleh *grove heart rate sensor* dengan alat ukur (*oximeter*) pada Tabel 3 menunjukkan nilai *error* minimal yaitu 0% dan nilai *error* maksimal yaitu 4,3%, Nilai *error* yang dihasilkan dari hasil pembacaan oleh *grove heart rate sensor* masih dapat ditoleransi karena nilai *error* masih dibawah 5%.

Perhitungan persentase *error* yang didapatkan dari perbandingan nilai hasil pengukuran *Grove Heart Rate Sensor* (GHR) dengan pengukuran dengan *oximeter* (Ox) pada perancangan dapat dilihat pada persamaan (9)

$$Error = \frac{GHR - Ox}{Ox} \times 100\% \tag{9}$$

Tabel 3. Pengujian *Grove Heart Rate Sensor*

Detak Jantung (bpm)		Error %
<i>Grove Heart Rate Sensor</i>	Alat Ukur (Oximeter)	
87	91	4,3
89	91	2,1
91	91	0
90	93	3,2
91	93	2,1
92	93	1
92	94	2,1
90	93	3,2
91	93	2,1
92	93	1
Rata-rata		2,1

Untuk nilai *error* rata-rata yang dihasilkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (10), dengan Error data (ED) dan jumlah data pengujian (D). Sesuai dengan Tabel 3, bahwa jumlah Error data adalah 21,2 dan jumlah data pelatihan adalah 10, maka *error* rata-ratanya adalah 2,1%. Nilai *error* rata-rata yang dihasilkan dari hasil pembacaan oleh *grove heart rate sensor* masih dapat ditoleransi karena nilai *error* masih dibawah 5%.

$$Error\ rata - rata(\%) = \frac{\sum ED}{\sum D} \times 100\% \quad (10)$$

3.2 Pengujian *driver motor*

Pengujian ini dilakukan pada *Driver motor* untuk mengetahui apakah *Driver motor* dapat berfungsi dengan baik dan sesuai yang diharapkan. Hasil Pengujian *Driver motor* ditunjukkan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Pengujian *driver motor* saat kondisi motor DC 12V menarik tali rem

V _{OH} Arduino (V)	I _{OH} Arduino (mA)	Optocoupler				MOSFET IRF9540			MOSFET IRF540		
		V _F (V)	I _F (mA)	V _{CC} (V)	I _C (mA)	I _D (A)	V _{DSS} (V)	V _{GS} (V)	I _D (A)	V _{DSS} (V)	V _{GS} (V)
4,41	29,3	1,74	6,4	12	9,3	-0,29	-12	-11	0,30	11,9	11

Tabel 5. Pengujian *driver motor* saat kondisi motor DC 12V melepas tali rem

V _{OH} Arduino (V)	I _{OH} Arduino (mA)	Optocoupler				MOSFET IRF9540			MOSFET IRF540		
		V _F (V)	I _F (mA)	V _{CC} (V)	I _C (mA)	I _D (A)	V _{DSS} (V)	V _{GS} (V)	I _D (A)	V _{DSS} (V)	V _{GS} (V)
4,41	29,3	1,74	6,4	12	9,3	-0,23	-12	-11	0,23	11,9	11

Dari hasil pengujian didapatkan nilai hasil pengukuran I_F Optocoupler sebesar 6,4mA. Nilai tersebut lebih besar 1,4mA dibandingkan dengan nilai I_F pada perancangan, hal tersebut dikarenakan V_{OH} Arduino saat pengukuran lebih besar daripada V_{OH} Arduino berdasarkan perancangan.

Dari hasil pengujian didapatkan nilai hasil pengukuran I_C Optocoupler sebesar 9,3mA. Nilai tersebut lebih kecil 0,7mA dibandingkan dengan nilai I_C Optocoupler pada perancangan. Nilai I_C Optocoupler yang dihasilkan masih aman karena masih diatas batas minimal yaitu 2,5mA dan masih dibawah batas maksimal yaitu 30mA.

3.3 Pengambilan data latihan

Pengambilan data latihan peserta dilakukan dalam waktu pelatihan selama 2 minggu dengan hasil seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6, dengan hasil pada awal latihan peserta RHRnya sebesar 72 Bpm dengan durasi 12 menit dan pada akhir latihan di minggu kedua RHRnya sebesar 67 Bpm dengan durasi 14 menit. Data hasil pelatihan tersebut dapat disimpan dalam database sistem, hasil penyimpanan database dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 6. Data latihan peserta

Nama	Minggu	Latihan	Tes RHR (bpm)	Intensitas Min(%)	Intensitas Max(%)	Durasi (menit)
Peserta	1	1	83	40	50	12
		2	81	40	50	12
		3	0	0	0	0
	2	4	0	0	0	0
		5	0	0	0	0
		6	0	0	0	0

Detail Latihan #Yogi Dwi Saputra

#	Tanggal	Tes RHR (bpm)	Minggu Ke-	Intensitas Min.	Intensitas Max.	Durasi Latihan (menit)
1	2020-06-29 07:57	83	1	40	50	12
2	2020-07-01 06:11	81	1	40	50	12

Gambar 4. Riwayat latihan peserta setelah latihan

3.4 Pengujian sistem

Pengujian sistem dilakukan dengan peserta mengayuh sepeda yang sudah terpasang sistem *alarm warning* dan rem otomatis. Pada saat peserta mengayuh sepeda dan terdeteksi bahwa nilai THR nya normal (dibawah THR max), maka rem otomatis belum bekerja. Sedangkan pada saat nilai THR terdeteksi diatas nilai THR max maka rem otomatis sudah bekerja. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil pengujian sistem alarm warning dan rem otomatis

THR (bpm)	THR min (bpm)	THR max (bpm)	Buzzer	Panjang tali rem (cm)	Keterangan
0	122	135	OFF	15	Rem otomatis belum bekerja
110	122	135	OFF	15	Rem otomatis belum bekerja
120	122	135	OFF	15	Rem otomatis belum bekerja
136	122	135	ON	12	Rem otomatis sudah bekerja

4. KESIMPULAN

Sistem alarm waring dan rem otomatis berbasis detak jantung dapat diimplementasikan pada sepeda yang digunakan untuk olah raga bersepeda. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa data detak jantung peserta latihan tersimpan dalam database sistem, alarm warning akan bekerja(buzzer on) jika detak jantung peserta diatas 135 bpm, dan rem otomatis bekerja pada saat detak jantung diatas 135 bpm dengan berubahnya panjang tali rem dari 15 cm menjadi 12 cm.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Politeknik Negeri Malang yang sudah memberikan fasilitas bagi penulis sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Devor, Steven T. Resting Heart Rate. Central Ohio Primary Care: Upper Arlington Preventative Primary Care.
- [2] Jaedun, Amat. Metodologi Penelitian Eksperimen. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta. 2011.
- [3] Sugiyono. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D. Bandung: Alfabeta.CV. 2013
- [4] Souza, Gerald. Concepts in exercise dynamics for fitness and health essentials. Karnataka: Mangalore University. 2019.
- [5] She, Jinhua et. all. Selection of Suitable Maximum-heart-rate Formulas for Use with Karvonen Formula to Calculate Exercise Intensity. International Journal of Automation and Computing. Japan. 2015

- [6] American Collage of Sport Medicine. “Panduan Uji Latihan Jasmani dan Peresepannya” Terjemahan oleh Djaja Surya Atmadja, dkk. Jakarta: EGC. 1995.
- [7] International Rectifier. Datasheet: IRF9540
- [8] International Rectifier. Datasheet: IRF540
- [9] Barrett, Steven F. Microcontroller Processing for Everyone! Third Edition. Morgan & Claypool Publisher. 2013.
- [10] Sharp. Datasheet: Device Specification For PHOTOCOUPLER Model No. PC817.