

RANCANG BANGUN ALAT PEMANTAU LAJU DETAK JANTUNG SAAT LATIHAN FISIK

(*A Design of Heart Rate Monitor during Physical Exercise*)

Budi Harsono*, Johansah Liman**, Nani Djohan***

Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Jurusan Teknik Elektro
Universitas Kristen Krida Wacana – Jakarta

*budi.harsono@ukrida.ac.id, **johansah@ukrida.ac.id, ***nani.djohan@ukrida.ac.id

Abstrak

Mengetahui laju detak jantung saat latihan fisik sangat berguna untuk mencapai hasil latihan yang optimal. Penggunaan metode manual untuk penghitungan laju detak jantung saat latihan fisik tidak memungkinkan, sehingga diperlukan alat yang dapat memantau laju detak jantung secara terus-menerus saat latihan fisik. Pada *paper* ini dirancang sebuah alat pemantau laju detak jantung saat latihan fisik. Pemantauan laju detak jantung dilakukan dengan metode *photoplethysmography* pantul dengan menggunakan pasangan sensor LED putih dan *photodiode*. Alat pemantau laju detak jantung yang telah dirancang kemudian dibandingkan dengan sebuah produk pemantau detak jantung yang juga menggunakan teknik *photoplethysmography*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat yang dibuat dapat digunakan saat latihan fisik dengan kecepatan respon yang lebih baik daripada produk sejenis yang diujikan.

Kata Kunci: laju detak jantung, pemantau laju detak jantung, *photoplethysmography*, latihan fisik

Abstract

Knowing heart rates while doing physical exercises is very useful to achieve maximum exercise results. The use of manual method to measure heart rates during physical exercises is not possible; therefore a tool to monitor the heart rate continuously while doing a physical exercise is needed. This research aimed at designing a heart rate monitor to be used during the physical exercise. The heart rate monitoring was done with reflective photoplethysmography method using a pair of white LED sensor and photodiode. The heart rate monitor made was compared with other heart rate monitor products using photoplethysmography technique. The test results showed that the tool can be used during the physical exercise having a better response rate than the similar products tested.

Keywords: heart rate, heart rate monitoring, photoplethysmography, exercise

Tanggal Terima Naskah : 03 September 2012

Tanggal Persetujuan Naskah : 21 September 2012

1. PENDAHULUAN

Laju detak jantung adalah jumlah detak jantung per satuan waktu, biasanya dinyatakan dalam detak per menit atau *beats per minute (bpm)*. Laju detak jantung berubah-ubah tergantung pada aktivitas tubuh. Laju detak jantung saat seseorang beristirahat jauh lebih rendah daripada laju detak jantung saat seseorang melakukan latihan fisik. Beberapa istilah laju detak jantung yang penting saat latihan fisik adalah laju

detak jantung saat beristirahat (*Resting Heart Rate*), laju detak jantung maksimum (*Maximum Heart Rate*), dan laju detak jantung zona latihan fisik.

Laju detak jantung saat beristirahat adalah laju detak jantung terendah saat seseorang beristirahat, biasanya dalam posisi berbaring, sedangkan laju detak jantung maksimum adalah laju detak jantung tertinggi yang boleh dicapai seseorang saat latihan fisik. Dengan mengetahui laju detak jantung maksimum dan laju detak jantung saat beristirahat, seseorang dapat menghitung laju detak jantung zona latihan fisik yang dapat digunakan untuk mencapai hasil yang maksimal saat latihan. Penjelasan mengenai laju detak jantung zona latihan fisik diberikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Laju detak jantung zona latihan fisik

Zona Latihan	Laju detak jantung (%)	Keterangan
<i>Anaerobic</i>	85 - 100	Intensitas maksimum, hanya dilakukan atlet dalam waktu singkat (2-5 menit)
<i>Aerobic</i>	75 - 80	Baik untuk melatih daya tahan dan pernapasan
Turun berat badan	60 - 75	Baik untuk membakar lemak, meningkatkan daya tahan, dan kesehatan jantung
Ringan	50 - 60	Baik untuk pemula dan menjaga kondisi tubuh

Cara menghitung nilai laju detak jantung untuk zona latihan fisik diberikan pada persamaan (1).

$$HR(\text{bpm}) = RHR + HR(\%) \times [MHR - RHR] \dots\dots\dots (1)$$

dengan:

HR (bpm) = Laju detak jantung yang ingin diketahui (dalam bpm)

RHR = *Resting Heart Rate*

MHR = *Maximum Heart Rate*

HR (%) = Laju detak jantung zona latihan fisik (dalam %)

Untuk mencapai hasil latihan yang maksimal sesuai dengan target latihan yang diinginkan, maka seseorang harus terus memantau zona laju detak jantungnya selama melakukan latihan fisik. Namun metode penghitungan detak jantung secara manual dengan menghitung denyut nadi di leher atau pergelangan tangan tidak mungkin dilakukan saat latihan fisik. Oleh karena itu, melalui penelitian ini akan dirancang sebuah alat yang dapat membantu memantau laju detak jantung secara terus-menerus saat seseorang melakukan latihan fisik.

2. KONSEP DASAR

Photoplethysmography adalah teknik optik *non-invasive* untuk mengukur perubahan pada volume darah berdasarkan variasi intensitas cahaya yang lewat atau dipantulkan oleh jaringan kulit. *Photoplethysmography* menggunakan sumber cahaya dan *photodetector* mendeteksi adanya perubahan volume darah dalam pembuluh darah [1]. Cahaya dapat ditransmisikan melalui jaringan kapiler (*capillary bed*). Saat pulsasi arteri (*arterial pulsations*) mengisi jaringan kapiler, perubahan volume pembuluh mengubah penyerapan (*absorption*), pantulan (*reflection*), dan hamburan (*scattering*) cahaya [2].

Terdapat dua metode *photoplethysmography*:

- 1) Metode transmisi, di mana cahaya ditransmisikan melalui jaringan kemudian cahaya yang melalui jaringan dideteksi oleh sensor cahaya.

- 2) Metode pantul, dimana cahaya dipantulkan oleh jaringan, kemudian cahaya yang dipantulkan dideteksi oleh sensor cahaya.

Photoplethysmography dapat digunakan untuk mengukur laju detak jantung. Metode ini menawarkan kelebihan karena dapat merespon pada aksi pemompaan jantung dan bukan pada sinyal listrik dari jantung. Ketika dilindungi dengan benar, metode ini tidak terpengaruh oleh penggunaan *electrosurgery*, dimana biasanya *electrocardiogram* (ECG) tidak dapat digunakan [3].

Dalam penelitian ini digunakan *photoplethysmography* metode pantul, karena dari percobaan terdahulu diketahui bahwa metode pantul dapat memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan metode transmisi.

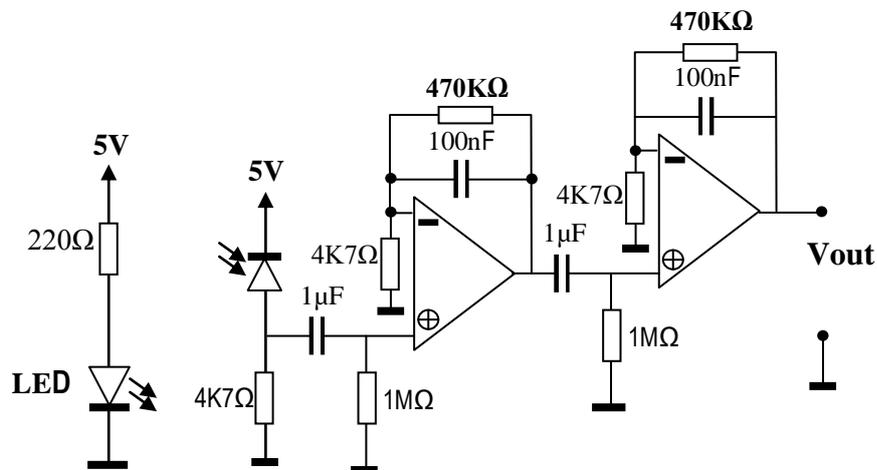
3. METODE PENELITIAN

Penelitian dimulai dengan melakukan pengujian pada sensor yang akan digunakan dalam teknik *photoplethysmography* pantul, yaitu pasangan LED putih dan *photodiode*. Pengujian dilakukan untuk mengetahui respon sensor dalam mendeteksi laju detak jantung, baik pada saat tubuh dalam kondisi diam maupun bergerak. Rangkaian sensor yang akan diuji mengikuti blok diagram seperti pada Gambar 1.



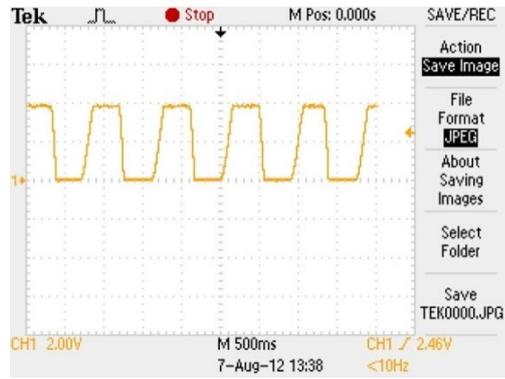
Gambar 1. Blok diagram pengujian rangkaian sensor

Aktif *band pass filter* pada rangkaian sensor digunakan untuk menghalangi sinyal-sinyal dengan frekuensi di atas dan di bawah frekuensi detak jantung, sehingga hanya sinyal detak jantung saja yang dilewatkan dan diperkuat. Batas frekuensi *cut off* untuk rangkaian aktif *band pass filter* yang digunakan adalah 0,159 Hz untuk frekuensi batas bawah (f_{cL}) dan 3,386 Hz untuk frekuensi batas atas (f_{cH}). Skema rangkaian yang digunakan untuk pengujian sensor diberikan pada Gambar 2.

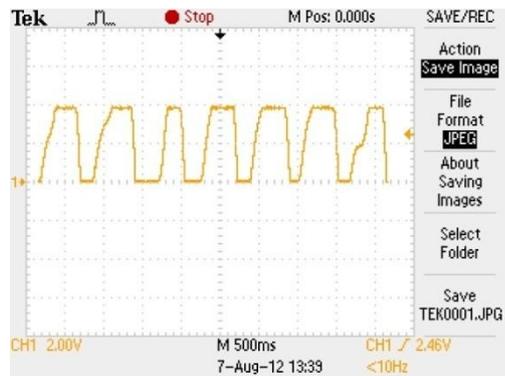


Gambar 2. Rangkaian pengujian sensor

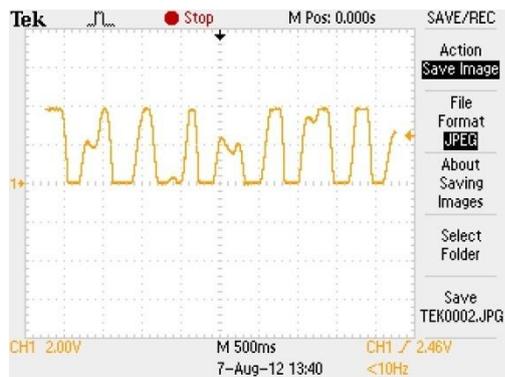
Pengujian sensor dilakukan dalam tiga posisi, yaitu posisi duduk rileks, posisi duduk sambil mengayuhkan kaki, dan posisi jalan di tempat. Hasil pengujian sensor diberikan pada Gambar 3 [4].



(a)



(b)



(c)

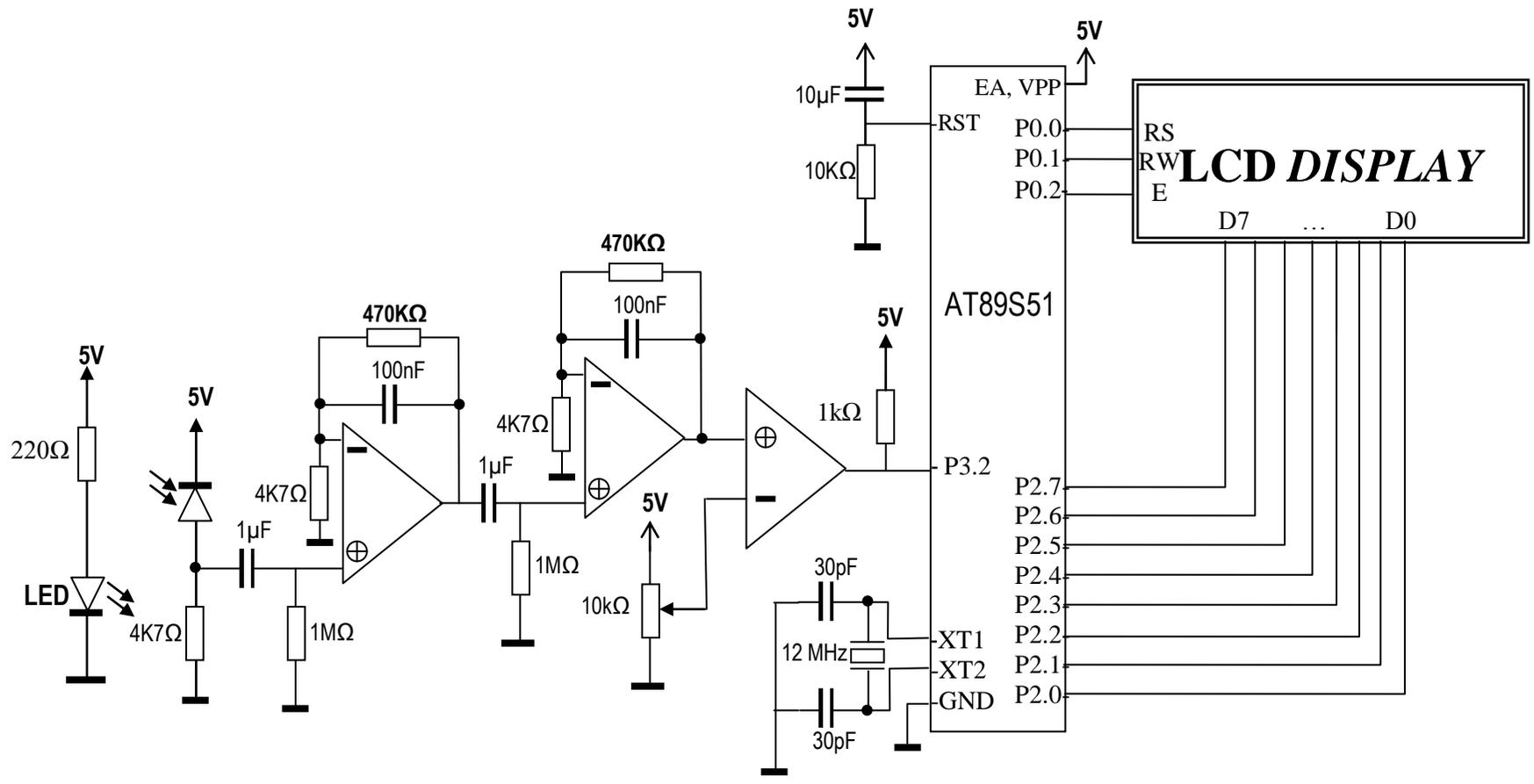
Gambar 3. Hasil pengujian sensor (a) posisi duduk rileks, (b) posisi duduk sambil mengayuhkan kaki, (c) posisi jalan di tempat

Dari hasil pengujian sensor terlihat bahwa rangkaian sensor dapat digunakan untuk mendeteksi laju detak jantung, baik pada saat diam maupun pada waktu bergerak.

Tahapan berikutnya adalah merancang rangkaian lengkap untuk alat pemantau laju detak jantung. Rancangan alat pemantau laju detak jantung yang akan dibuat mengikuti blok diagram pada Gambar 4 [5].



Gambar 4. Blok diagram alat pemantau laju detak jantung
Rangkaian lengkap untuk alat pemantau laju detak jantung diberikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Rangkaian lengkap alat pemantau laju detak jantung

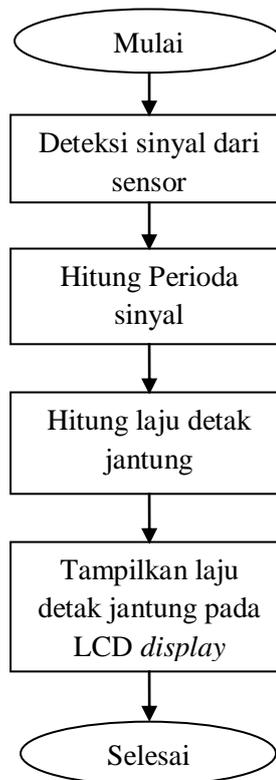
Langkah berikutnya adalah membuat *firmware* untuk menghitung dan menampilkan laju detak jantung dari sinyal yang terdeteksi sensor. Formula yang digunakan untuk menghitung laju detak jantung diberikan pada persamaan (2), sedangkan diagram alir dari *firmware* yang dibuat diberikan pada Gambar 6.

$$HR(\text{bpm}) = \frac{60s}{T} \dots\dots\dots (2)$$

dengan:

HR(bpm) = Laju detak jantung (dalam bpm)

T = Periode sinyal yang terukur sensor



Gambar 6. Diagram alir *firmware* alat pemantau laju detak jantung

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat pemantau laju detak jantung yang telah dibuat ditunjukkan pada Gambar 7.



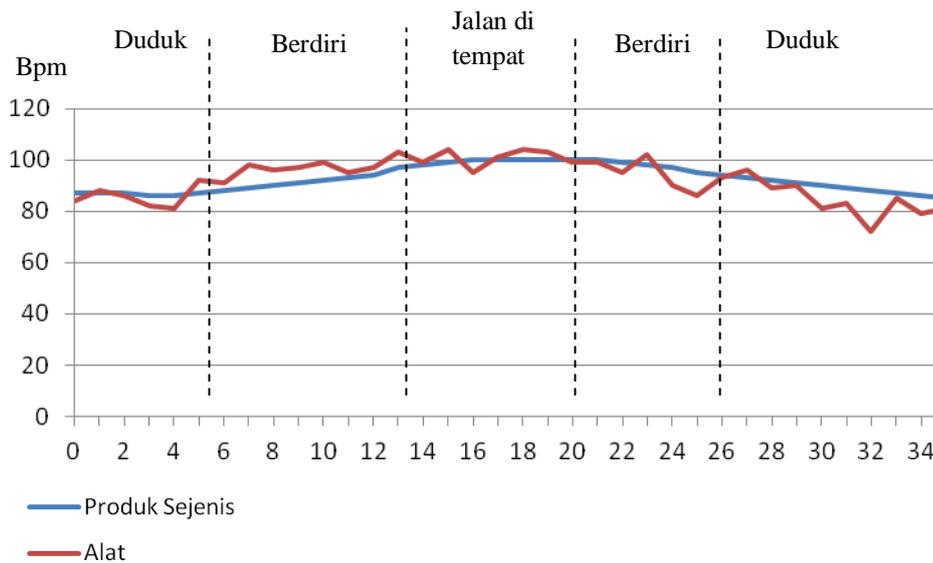
Gambar 7. Alat pemantau laju detak jantung

Alat pemantau laju detak jantung yang telah dibuat kemudian dibandingkan dengan produk sejenis. Pengujian alat pemantau laju detak jantung dengan produk sejenis dilakukan dengan cara menggunakan alat dan produk secara bersamaan pada jari yang berbeda. Pengukuran dilakukan untuk beberapa posisi yang berbeda mengikuti pola berikut: duduk, berdiri, jalan di tempat, berdiri, dan kembali duduk. Hasil perbandingan alat dengan produk sejenis diberikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perbandingan alat dengan produk sejenis

Posisi	Produk (bpm)	Alat (bpm)
Duduk	87	84
	87	88
	87	86
	86	82
	86	81
Berdiri	87	92
	88	91
	89	98
	90	96
	91	97
	92	99
	93	95
	94	97
Jalan	97	103
	98	99
	99	104
	100	95
	100	101
	100	104
	100	103
Berdiri	100	99
	100	99
	99	95
	98	102
	97	90
	95	86
Duduk	94	93
	93	96
	92	89
	91	90
	90	81
	89	83
	88	72
	87	85
	86	79
	85	81

Hasil perbandingan dalam bentuk kurva diberikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Kurva hasil perbandingan alat dan produk

Dari hasil perbandingan antara alat yang dibuat dengan produk sejenis, terlihat bahwa alat pemantau laju detak jantung yang dibuat telah dapat berfungsi dengan baik, bahkan memberikan respon pembacaan yang lebih cepat dibandingkan dengan produk yang diujikan. Hal ini terlihat dari respon alat di saat terjadi perubahan posisi, baik dari posisi duduk ke posisi berdiri maupun dari posisi berdiri ke posisi duduk. Hasil pembacaan alat pemantau detak jantung yang terlihat kasar dibandingkan dengan hasil bacaan produk disebabkan karena pada alat yang dibuat, yang ditampilkan adalah laju detak jantung sesaat, sedangkan pada produk, yang ditampilkan adalah laju detak jantung rata-rata.

5. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian alat secara keseluruhan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Alat pemantau laju detak jantung yang dibuat dalam penelitian ini telah bekerja dengan baik dan dapat digunakan untuk mendeteksi laju detak jantung saat latihan fisik.
- Laju detak jantung yang ditampilkan oleh alat yang dibuat adalah laju detak jantung sesaat sehingga dapat digunakan untuk mempelajari *heart rate variability* seseorang.
- Alat pemantau laju detak jantung yang dibuat dapat memberikan respon pembacaan yang lebih cepat dibandingkan produk sejenis yang diujikan.
- Laju detak jantung (bpm) yang ditampilkan alat adalah laju detak jantung sesaat, sedangkan pada produk, yang ditampilkan adalah laju detak jantung rata-rata.

REFERENSI

- [1]. Spigulis J., Ertz R., Nikiforovs V., Kviessis-Kipge E., "Wearable wireless photoplethysmography sensors", Proc. of SPIE Vol. 6991, 69912O, 2008.

- [2]. Kviesis-Kipge E., Mecnika V., Rubenis O., “*Miniature wireless photoplethysmography devices: integration in garments and test measurements*”, Proc. of SPIE Vol. 8427 84273H-1, 2012.
- [3]. Allen J., “*Photoplethysmography and its application in clinical physiological measurement*”, *Physiol. Meas.*, 28:R1-39, 2007.
- [4]. Floyd T.L., Buchla D., “*Fundamentals of Analog Circuits, 2nd ed.*”, Pearson Education, Inc., New Jersey, 2002.
- [5]. Webster J.G., “*Medical Instrumentation Application and Design*”, 3rd ed., John Wiley & Sons, Inc., 1998.