

# PERANCANGAN ALAT PENGUKUR DETAK JANTUNG DENGAN SENSOR FOTODIODA BERBASIS PHOTOPLETHYSMOGRAPHY (PPG) MENGGUNAKAN ATMEGA32A

Sidiq Hidayatulah<sup>\*)</sup>, Munawar Agus R., and Darjat

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang  
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

<sup>\*)</sup>E-mail: diqhida@gmail.com

## Abstrak

Dalam dunia kesehatan salah satu organ yang sering mendapatkan perhatian adalah jantung. Jantung yang akan selalu berdetak setiap saat selama manusia hidup. Pengukuran detak jantung secara konvensional dilakukan dengan cara mendengarkan detakan jantung dengan menggunakan stetoskop atau meraba denyut nadi. Namun dalam pengukuran secara konvensional hasil dipengaruhi tingkat kepekaan orang yang mengukur dan juga harus memastikan waktu pengukuran tepat 1 menit. Pada penelitian ini, dibuat pengukuran detak jantung berdasarkan prinsip *photoplethysmography* (PPG) menggunakan LED inframerah sebagai sumber cahaya, dan fotodiode sebagai detektor cahaya dengan mikrokontroler ATmega32a sebagai pengolah data. Hasil validasi dengan pengukuran manual menunjukkan angka yang hampir mendekati dengan rata-rata error 1,60%.

*Kata Kunci* :detak jantung, photoplethysmography (PPG), inframerah, fotodiode

## Abstract

In medical world one of organs that often get attention is the heart. The heart always beats every time for a life of human. The conventional measurement of heart rate are using a stethoscope to hear heartbeat or feel the pulse. However, the conventional measurement result is influenced by the level of sensitivity of the measure and also must ensure the time of measurement proper one minute. At this research, has created a heartbeat measurement base on the principle of photoplethysmography (PPG) by using LED infrared as light source, and photodiode as light detector with microcontroller ATmega32a as a data processor. The validation result by manual method shows number that almost close to the error average 1,60%.

*Keywords*: heartbeat, photoplethysmography (PPG), infrared, photodiode

## 1. Pendahuluan

Kesehatan merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi manusia, baik kesehatan jasmani maupun rohani. Salah satu organ yang penting dalam kesehatan manusia adalah jantung. Jantung berfungsi untuk memompa darah dalam tubuh manusia. Jantung selalu berdetak selama manusia masih hidup dan akan berhenti setelah manusia meninggal dunia. Detak jantung dipengaruhi oleh usia dan kondisi tubuh seseorang. Ketika jantung tidak bisa lagi berfungsi secara normal maka akan menimbulkan kelainan pada tubuh seseorang. Untuk mengukur detak jantung dapat dilakukan dengan mendengar bunyi jantung berdenyut dengan menggunakan stetoskop ataupun meraba denyut nadi dan dihitung selama satu menit. Dari perhitungan tadi didapatkan frekuensi denyut jantung per

menit. Pada tabel 1 dapat dilihat denyut jantung normal saat beristirahat dalam "*Beats per Minute*" (BPM).[1]

**Tabel 1 Jumlah denyut jantung normal (dalam BPM)[1]**

Bayi baru lahir	Bayi tahun pertama	Bayi tahun kedua	Anak-anak (5 tahun)	Anak-anak (10 tahun)	Dewasa
140	120	110	96-100	80-90	60-80

Selain dengan cara manual, pengukuran detak jantung juga dapat dilakukan dengan menggunakan peralatan elektronik seperti elektrokardiograf dan *pulse oximeter*. Elektrokardiograf (EKG) merupakan alat perekam sinyal jantung manusia berupa grafik yang didapatkan melalui penempelan elektroda di tubuh manusia. Standar EKG menggunakan 3, 5 atau 12 elektroda. Banyaknya elektroda yang digunakan menghasilkan lebih banyak

informasi EKG. Kekurangan dari alat ini antara lain: banyaknya elektroda yang digunakan, rentang terhadap *noise* (bising) peralatan elektronik.[2]

*Pulse oxymeter* merupakan alat pengukuran non-invasif saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>). Saturasi oksigen didefinisikan sebagai jumlah oksigen terurai dalam darah, berdasarkan deteksi penyerapan dan pelepasan *hemoglobin*. Selain dapat mengukur kandungan oksigen dalam darah juga dapat mengukur laju detak jantung.

Berdasarkan prinsip *Photoplethysmography* (PPG) yakni perubahan volume dan penyerapan cahaya pada proses pelepasan dan penyerapan oksigen dalam pembuluh darah, maka dirancang pengukuran laju detak jantung menggunakan ATmega32a. Penelitian sebelumnya dilakukan oleh F. Dwi Putranto[3] dan Budi Harsono[4]. Pada penelitian ini dirancang alat pengukur laju detak jantung menggunakan inframerah dan fotodioda.

## 2. Metode

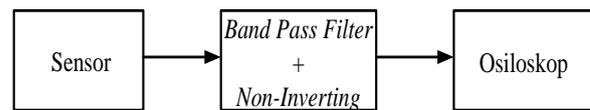
### 2.1. Photoplethysmography (PPG)

*Photoplethysmography* (PPG) adalah sebuah teknik pengukuran optik yang dapat digunakan untuk mendeteksi perubahan volume darah pada jaringan *mikrovaskular*. PPG berkembang pada aplikasi kesehatan, contohnya *pulse oxymeter*, diagnosa pembuluh darah dan sistem pengukuran tekanan darah digital. Dasar dari teknologi PPG adalah elektronika optik, dengan sumber cahaya untuk menerangi pembuluh darah (misalnya kulit), dan foto detektor untuk mengukur perubahan variasi intensitas cahaya dengan perubahan volume. PPG lebih banyak bekerja non-invasif dan beroperasi pada panjang gelombang merah atau dekat inframerah. Bentuk gelombang seperti *pulse* dan sinkron dengan detak jantung.

Ada 2 konfigurasi utama pengoperasian PPG, mode pengoperasian transmisi dimana *sample* pembuluh darah berada diantara sumber cahaya dan fotodetektor, dan mode pengoperasian pantulan dimana sumber cahaya dan fotodetektor berada pada sisi yang sama. Pada mode transmisi lebih dibatasi dari pada mode pantulan untuk lokasi yang memungkinkan untuk dipelajari. Pengukuran paling mudah disekitar daun telinga, jari atau jari kaki. Hasil penerimaan cahaya pada fotodetektor adalah volume darah, gerakan dinding pembuluh darah dan orientasi sel darah merah (lihat gambar 3).

### 2.2. Perancangan Sensor

Rangkaian sensor *photoplethysmography* (PPG) menggunakan metode pantulan, dimana led inframerah dan fotodioda diletakkan pada sisi yang sama. Keluaran dari fotodioda akan dimasukkan ke *band pass filter* (BPF) dan penguatan *non-inverting*. Diagram blok rangkaian sensor seperti gambar 1.



Gambar 1 Diagram blok sensor PPG

Rangkaian LED inframerah dipasang *forward bias* dengan resistor untuk membatasi arus yang mengalir pada LED, sementara untuk fotodioda dipasang secara *reverse bias* dan dipasang seri dengan resistor sebagai pembagi tegangan. Fotodioda mempunyai karakteristik nilai resistansinya akan semakin kecil jika terkena cahaya. Persamaan untuk menentukan tegangan keluaran dapat dimisalkan dengan rangkaian pembagi tegangan.

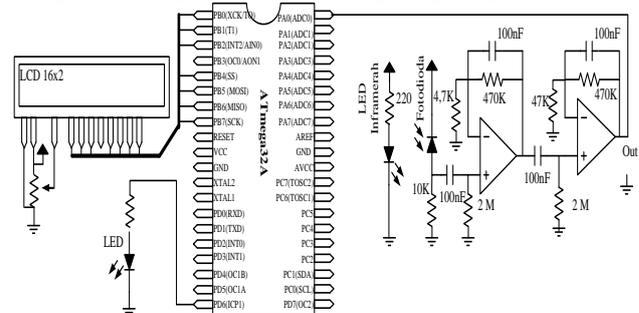
$$V_{out} = \frac{R}{R_{fd} + R} \times V_s$$

### 2.3. Perancangan Pengkondisi Sinyal

*Band pass filter* (BPF) yang digunakan terdiri dari *high pass filter* (HPF) dan *low pass filter* (LPF).[5] Dimana jangkauan frekuensi yang digunakan pada perancangan ini 0,796 Hz sampai dengan 3,388 Hz. Untuk menentukan frekuensi *cut off* dapat digunakan persamaan :

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$

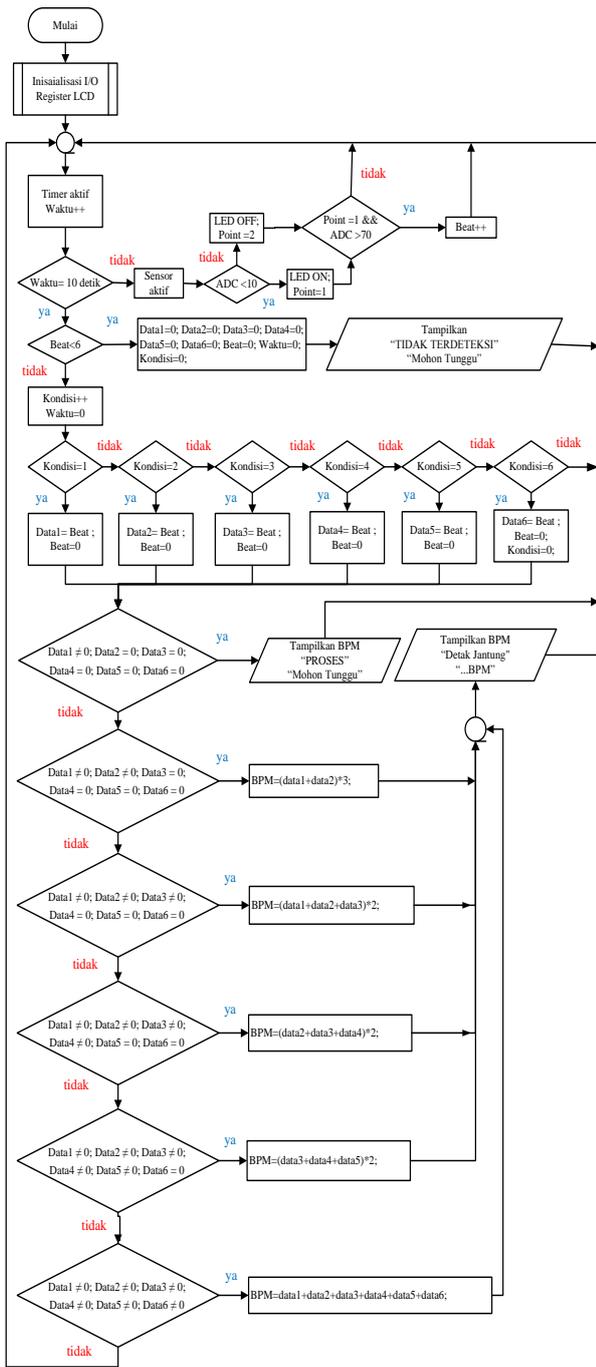
Selain menapis sinyal, juga memerlukan penguatan. Penguatan yang digunakan adalah penguatan *non inverting*. Penguatan dan penapisan sinyal dilakukan 2 kali agar sinyal dapat diproses di mikrokontroler. Rangkaian pengkondisi sinyal seperti pada gambar 2.



Gambar 2 Rangkaian sensor pengukur detak jantung

### 2.4 Perancangan Program

Pada tugas akhir ini perhitungan detak jantung diproses oleh Atmega32a[6], melalui fitur ADC (*analog to digital converter*). Data dari pengkondisi sinyal akan diubah menjadi data digital yang kemudian akan diberikan nilai batas untuk menandai kondisi saat terjadi denyutan atau tidak. Program dibuat menggunakan bahasa C pemrograman CV AVR 2.05.3.[7] Flowchart kerja alat dapat dilihat pada gambar 3.



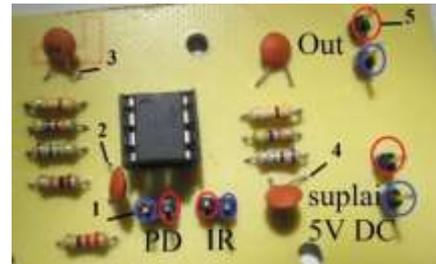
Gambar 3 Flowchart pengukuran

### 3. Hasil dan Analisa

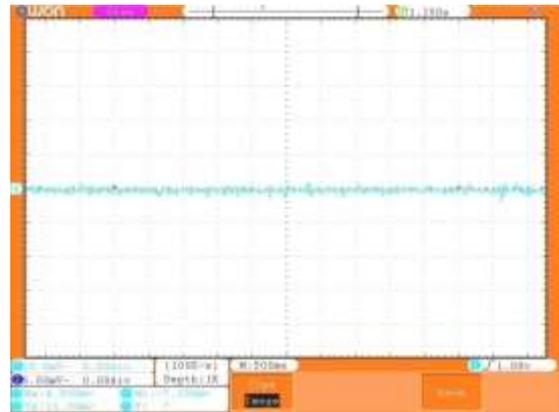
Pengujian sensor dilakukan dengan menguji sinyal keluaran sensor dengan osiloskop pada saat ada jari dan tidak ada jari. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui bentuk dan karakteristik sinyal keluaran dari bagian pengkondisi sinyal.

Gambar 4 menunjukkan titik pengukuran yang akan dilakukan pada pengkondisi sinyal. Angka 1 menunjukkan

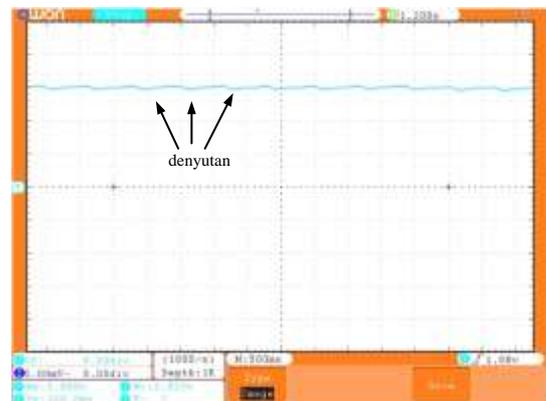
sinyal keluaran pada fotodiode, angka 2 menunjukkan sinyal keluaran dari *high pass filter* (HPF) 1, angka 3 menunjukkan sinyal keluaran *low pass filter* (LPF) 1 dan penguatan *non inverting* pertama. Angka 4 menunjukkan sinyal keluaran *high pass filter* (HPF) 2, dan angka 5 menunjukkan sinyal keluaran *low pass filter* (LPF) 2 dan penguatan *non inverting* kedua. Keluaran LPF 2 nantinya yang akan masuk pada mikrokontroler untuk diproses.



Gambar 4 Titik pengukuran pada pengkondisi sinyal



Gambar 5 Sinyal keluaran fotodiode keadaan tanpa jari (dititik 1)



Gambar 6 Sinyal keluaran fotodiode ada jari (dititik 1)

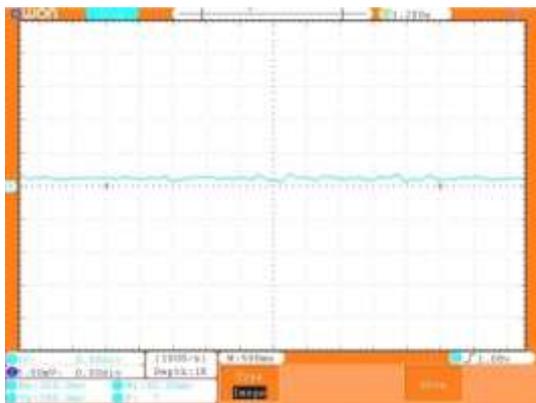
Hasil pengukuran pada keluaran fotodiode pada kondisi tanpa jari dan saat ada jari menggunakan osiloskop pada gambar gambar 5 dan gambar 6. Pada gambar 6 menunjukkan adanya perubahan sinyal saat terjadi

perubahan volume darah dan absorsi oksigen dan karbondioksida dalam darah pada jaringan mikrovaskular. Denyutan terjadi pada kondisi sinyal dibawah. Nilai rentang peraubahan sinyal yang masih terlalu kecil perlu dikuatkan dan ditapis dari gangguan elektomagnetik listrik PLN.

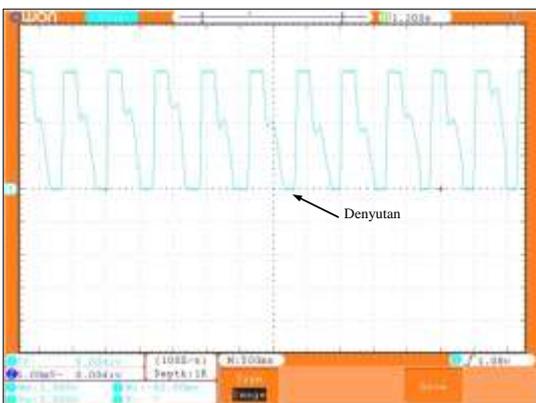
Sinyal dari fotodioda akan diberi tapis *band pass filter* (BPF) dan penguatan non inverting. Hasil pengukuran pada pengkondisi sinyal dapat dilihat pada gambar 7 dan 8. Sinyal keluaran inilah yang akan masuk ke mikrokontroler untuk selanjutnya diproses untuk mendapatkan detakan jantung dalam 1 menit.

Selain menggunakan osiloskop pengukuran juga dilakukan dengan mikrokontroler memanfaatkan fitur ADC. Karena nantinya data akan diproses pada mikrokontroler. Hasil pembacaan ADC dapat dilihat pada gambar 9.

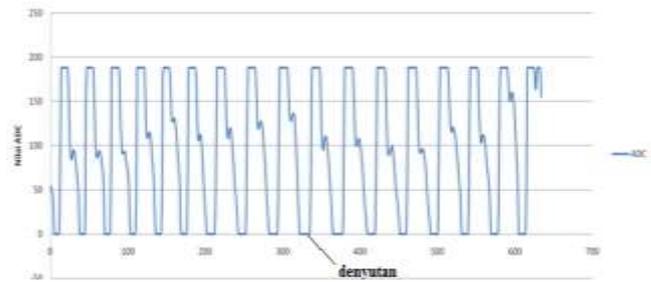
Hasil pengambilan data antara osiloskop dan ADC mikrokontroler menunjukkan nilai yang hampir sama. Detakan jantung dimulai dari kondisi rendah dibawah ADC 10, dan melewati nilai ADC 70 dapat dijadikan sebagai nilai batas untuk ADC.



Gambar 7 Sinyal keluaran pengkondisi sinyal keadaan tanpa jari (dititik 5)



Gambar 8 Sinyal keluaran pengkondisi sinyal keadaan ada jari (dititik 5)



Gambar 9 Sinyal keluaran ADC keadaan saat ada jari

Pengujian alat pengukuran detak jantung ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan alat dalam mendeteksi detak jantung. Pengukuran dilakukan dengan membandingkan dengan pengukuran manual selama 1 menit dan pengukuran menggunakan tensimeter digital yang dilengkapi dengan pengukuran detak jantung per menit. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Pengukuran denyut jantung alat dan manual

No	Nama	Umur	Alat TA	Tensi-meter		Tensi dengan		Error (%) Alat TA	
				(OMRON HEM-7203)	Manual	manual (%)	Tensi meter	Manual	
1	Azan	22	74	70	71	1,41	5,71	4,23	
			L	78	75	76	1,32	4,00	2,63
2	Destini	22	78	75	76	1,32	4,00	2,63	
			P	69	72	72	0,00	4,17	4,17
3	Ibnu Salam	23	80	78	79	1,27	2,56	1,27	
			L	78	78	78	0,00	0,00	0,00
4	Intan	21	75	74	76	2,63	1,35	1,32	
			P	69	72	67	7,46	4,17	2,99
5	Marco	22	76	75	77	2,60	1,33	1,30	
			L	70	72	72	0,00	2,78	2,78
6	Mufti	24	56	53	56	5,36	5,66	0,00	
			L	70	67	69	2,90	4,48	1,45
7	Nunung	21	69	70	69	1,45	1,43	0,00	
			P	84	80	82	2,44	5,00	2,44
8	Satrio	23	86	84	86	2,33	2,38	0,00	
			L	84	87	87	0,00	3,45	3,45
9	Rico	21	80	80	79	1,27	0,00	1,27	
			L	72	72	72	0,00	0,00	0,00
10	Deny	20	98	99	98	1,02	1,01	0,00	
			L	86	87	86	1,16	1,15	0,00
Rata-rata error (%)						1,80	2,73	1,60	

Dari tabel 2 diketahui bahwa hasil pengukuran alat hampir mendekati dengan pengukuran menggunakan tensimeter OMRON HEM-7203 dengan rata-rata *error* 2,73% dan pada pengukuran manual rata-rata *error* 1,60%. Namun masih ada nilai *error* yang cukup besar 5,71% dibandingkan dengan pengukuran menggunakan OMRON HEM-7203 dan 4,23% dibandingkan dengan pengukuran manual. Hal ini dikarenakan faktor penjepit sensor pada ujung jari yang sensitif terhadap gerakan dan tekanan.

#### **4. Kesimpulan**

Alat pengukur jumlah detak jantung berdasarkan prinsip *photoplethysmography* (PPG) berfungsi dengan baik. Dari pengujian didapatkan nilai rata-rata *error* 2,73% dibandingkan dengan pengukuran Omron HEM-7203 dan 1,60% dibandingkan dengan pengukuran manual. Adanya perbedaan nilai yang terjadi antara penungukuran alat dengan tensimeter digital dan manual disebabkan penjepit sensor yang sensitif terhadap gerakan dan tekanan.

Pada pengembangan lebih lanjut ada beberapa saran yang dapat dilakukan, pada pembuatan penjepit tangan harus diperhatikan karena akan berpengaruh terhadap pengukuran. Membuat aplikasi databse penyimpanan data pengukuran.

#### **Referensi**

- [1] E. C. Pearce, *Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis*, 31st ed. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama, 2010.
- [2] O. College, *Anatomy & physiology*. Texas: OpenStax College, 2013.
- [3] F. D. Putranto, "Detektor Detak Jantung Untuk Aktivitas Olahraga," Universitas Diponegoro, 2002.
- [4] B. Harsono, "Rancang Bangun Alat Pemantau Detak Jantung Saat Latihan Fisik," *J. Tek. dan Ilmu Komput.*, vol. 1, no. 4, pp. 338–346, 2012.
- [5] Zuhail and Zhanggischian, *Prinsip Dasar Elektroteknik*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 2004.
- [6] Datasheet, "ATmega32a." Atmel Corporation, California, 2014.
- [7] H. Andrianto, *Pemrograman mikrokontroler AVR ATmega16 menggunakan Bahasa C*. Bandung: Informatika Bandung, 2013.