

Ratna Aisuwarya
Hendrick
Meitiza
Darwison
Tia Priska Sari

APLIKASI MIKROKONTROLER UNTUK PENDETEKSIAN PENYAKIT JANTUNG



☎ 0858 5343 1992
✉ eurekamediaaksara@gmail.com
📍 Jl. Banjaran RT.20 RW.10
Bojongsari - Purbalingga 53362



APLIKASI MIKROKONTROLER UNTUK PENDETEKSIAN PENYAKIT JANTUNG

**Ratna Aisuwarya
Hendrick
Meitiza
Darwison
Tia Priska Sari**



eureka
media aksara

PENERBIT CV.EUREKA MEDIA AKSARA

**APLIKASI MIKROKONTROLER UNTUK PENDETEKSIAN
PENYAKIT JANTUNG**

Penulis : Ratna Aisuwarya
Hendrick
Meitiza
Darwison
Tia Priska Sari

Editor : Darmawan Edi Wiyoto, S.Pd., M.Pd.

Desain Sampul : Eri Setiawan

Tata Letak : Siwi Rimayani Oktora

ISBN : 978-623-487-313-9

Diterbitkan oleh : **EUREKA MEDIA AKSARA, OKTOBER 2022**
ANGGOTA IKAPI JAWA TENGAH
NO. 225/JTE/2021

Redaksi:

Jalan Banjaran, Desa Banjaran RT 20 RW 10 Kecamatan Bojongsari
Kabupaten Purbalingga Telp. 0858-5343-1992

Surel : eurekaediaaksara@gmail.com

Cetakan Pertama : 2022

All right reserved

Hak Cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh
isi buku ini dalam bentuk apapun dan dengan cara apapun,
termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman
lainnya tanpa seizin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan buku ini. Penulisan buku merupakan buah karya dari pemikiran penulis yang diberi judul “Aplikasi Mikrokontroler Untuk Pendeteksian Penyakit Jantung”. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan karya ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan banyak terima kasih pada semua pihak yang telah membantu penyusunan buku ini. Sehingga buku ini bisa hadir di hadapan pembaca.

Teknologi dalam bidang komputer mengalami perkembangan yang pesat dari tahun ke tahun dengan memberikan kemudahan dalam melakukan segala aktifitas. Dengan adanya perkembangan ini, penulis dituntut lebih kreatif untuk berinovasi terhadap alat yang langsung dapat diaplikasikan oleh masyarakat dalam kebutuhan sehari-hari sehingga dapat mengatasi masalah pada masyarakat, salah satunya adalah masalah kesehatan.

Pendeteksian detak jantung (heart rate) menjadi bagian dari pemeriksaan kondisi jantung seseorang dengan mengetahui tingkat kenormalan detak jantungnya. Umumnya, pendeteksian detak jantung dilakukan pada denyut nadi yang ada di pergelangan tangan atau menggunakan alat yang dipasang pada posisi jantung seseorang. Alat tersebut akan memberikan sinyal listrik guna melihat pemompaan darah secara teratur oleh jantung

Penulis menyadari bahwa buku ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat dibutuhkan guna penyempurnaan buku ini. Akhir kata saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga buku ini akan membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
BAB 2 JANTUNG MANUSIA.....	4
A. Definisi Jantung	4
B. Bentuk Gelombang Jantung	6
C. Detak Jantung	8
D. Jumlah Detak Jantung.....	9
E. Pendeteksi Detak Jantung.....	10
1. <i>Photoplethysmograph</i>	10
2. <i>Pulse Sensor</i>	11
BAB 3 PENGOLAH SINYAL	15
A. Pengolahan Sinyal	15
1. Elemen-Elemen Dasar Sistem DSP (Pengolahan Sinyal Digital).....	17
2. Klasifikasi Sinyal	18
3. Sinyal Analog	21
4. Sinyal digital.....	22
5. Konsep Frekuensi.....	23
6. Teorema Sampling	25
7. Finite Impulse Response (FIR)	26
8. Koefisien Filter Finite Impulse Response (FIR) Pada Matlab	28
B. ADC (Analog Digital Converter)	30
1. Konverter	30
2. Konverter ADC	30
3. Frekuensi <i>Sampling</i>	32
4. Resolusi.....	33
C. Metode <i>Fast Fourier Transform</i> (FFT)	33
D. Normalisasi	36
E. Penguat Operasional.....	37
BAB 4 ARDUINO UNO	45
A. Arduino Uno.....	45

1. Spesifikasi Arduino	46
2. Bagian- Bagian pada Arduino	46
B. Mikrokontroler ATmega328	50
C. Catu Daya	52
D. Memori.....	53
E. <i>Input dan Output</i>	53
F. Bahasa Pemrograman Arduino.....	54
BAB 5 ALAT PENDUKUNG PENDETEKSI DETAK	
JANTUNG	58
A. Komunikasi Serial.....	58
B. <i>Bluetooth</i> Bluesmirf RN-41.....	59
C. LabVIEW.....	61
BAB 6 KELAINAN DETAK JANTUNG MENGGUNAKAN	
FAST FOURIER TRANSFORM (FFT) PADA SINYAL	
PHOTOPLETHYSMOGRAPH (PPG)	66
A. Perancangan Sistem	66
1. Pulse Sensor	67
2. <i>Bluetooth</i> Bluesmirf RN-41	68
3. Mikrokontroler Arduino Uno.....	69
4. Algoritma Pengolahan Sinyal (ADC)	69
5. Algoritma FFT.....	70
6. <i>Interface</i> Pemrograman Delphi	70
B. Implementasi Sistem.....	72
1. Pulse Sensor dengan Mikrokontroler Arduino	
Uno	74
2. Spektum FFT Sinyal PPG pada Detak Jantung	75
BAB 7 SISTEM MONITORING DENYUT JANTUNG	
MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ARDUINO	
DAN KOMUNIKASI MODUL XBEE	77
A. Perancangan Sistem	77
1. Penguat Instrumentasi <i>Op-Amp</i>	78
2. Program Pembacaan Sensor Elektroda pada	
Arduino Uno.....	80
3. Pengaturan Komunikasi Xbee	80
4. Program Tampilan LabVIEW.....	82
B. Implementasi Sistem.....	83
1. Modul Sensor dan Penguat	83

2. Implementasi Sinyal Denyut Jantung	85
3. Pencarian Koefisien Filter Menggunakan <i>Software</i> Matlab	85
4. Implementasi Filter FIR menggunakan Pemrograman LabVIEW	92
DAFTAR PUSTAKA.....	95

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Bit Reversal (Pembalikan Bit)	35
Tabel 5.1. Pin-pin Bluetooth Bluesmirf RN-41.....	60
Tabel 6.1. Pin-Pin yang Terhubung antara Bluetooth Bluesmirf RN-41 dengan Mikrokontroler Arduino Uno	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Jantung ^[1]	5
Gambar 2.2.	Rekaman EKG Normal dalam 1 Siklus ^[3]	6
Gambar 2.3.	Detak Jantung.....	9
Gambar 2.4.	Sistol dan Diastol Merupakan Dua Mekanisme yang Menyebabkan Terjadinya Sinyal PPG ^[4]	11
Gambar 2.5.	Pulse Sensor ^[6]	12
Gambar 2.6.	Board Mikrokontroler Arduino Uno yang Terhubung dengan Kabel 24 Inch ^[6]	12
Gambar 2.7.	Perangkat Pulse Sensor ^[6]	13
Gambar 2.8.	(a) Bagian Depan Pulse Sensor (b) Bagian Belakang Pulse Sensor ^[6]	14
Gambar 3.1.	Pemrosesan sinyal analog ^[22]	17
Gambar 3.2.	Pemrosesan sinyal digital dapat dilakukan terhadap sinyal analog maupun sinyal digital ^[22]	17
Gambar 3.3.	Sinyal Kontinyu dan Sinyal Diskrit ^[22]	18
Gambar 3.4.	Sinyal Analog dan Sinyal Digital ^[22]	18
Gambar 3.5.	Sinyal Rill dan Sinyal Kompleks ^[22]	19
Gambar 3.6.	Sinyal Deterministik dan Sinyal Random ^[21]	20
Gambar 3.7.	Sinyal Kontinu Genap dan Sinyal Diskrit Genap ^[22]	20
Gambar 3.8.	Sinyal Kontinu Ganjil dan Sinyal Diskrit Ganjil ^[22]	20
Gambar 3.9.	Sinyal Periodik ^[22]	21
Gambar 3.10.	Sinyal Non-Periodik ^[22]	21
Gambar 3.11.	Sinyal Analog ^[7]	22
Gambar 3.12.	Sinyal Digital ^[7]	22
Gambar 3.13.	Sinyal Sinusoidal analog/kontinu ^[21]	23
Gambar 3.14.	Bentuk sinyal diskrit ^[22]	24
Gambar 3.15.	Blok diagram Filter FIR orde 3 ^[25]	27
Gambar 3.16.	Diagram blok FIR Filter ^[26]	28
Gambar 3.17.	Respon Frekuensi Low Pass Filter ^[26]	29
Gambar 3.18.	ADC dengan kecepatan sampling rendah dan kecepatan sampling tinggi ^[22]	31
Gambar 3.19.	Proses Sampling pada Sinyal Analog ^[16]	32

Gambar 3.20.	Komponen FFT	34
Gambar 3.21.	Komputasi FFT	36
Gambar 3.22.	Penguat diferensial dasar ^[18]	38
Gambar 3.23.	Rangkaian penguat penyangga untuk penguat diferensial ^[17]	41
Gambar 3.24.	Gabungan penguat diferensial dasar dan penguat penyangga yang menghasilkan penguat instrumentasi ^[17]	42
Gambar 3.25.	Konfigurasi Pin LM358 ^[19]	43
Gambar 4.1.	Arduino Uno ^[10]	45
Gambar 4.2.	Bagian-bagian pada Arduino ^[11]	46
Gambar 4.3.	Skematik Arduino Uno ^[10]	49
Gambar 4.4.	Diagram blok mikrokontroler ATmega328 ^[11]	50
Gambar 4.5.	Mikrokontroler Arduino Uno ^[19]	52
Gambar 4.6.	Diagram Pin ATMega328.....	53
Gambar 4.7.	IDE Arduino ^[12]	55
Gambar 5.1.	(a) Bagian Depan Bluetooth Bluesmirf RN-41 (b) Bagian Belakang Bluetooth Bluesmirf RN-41 ^[20]	59
Gambar 5.2.	Komponen pada Bluetooth Bluesmirf RN-41 ^[20]	60
Gambar 5.3.	Front Panel	63
Gambar 5.4.	Diagram Block	64
Gambar 6.1.	Rancangan Blok Diagram Sistem	67
Gambar 6.2.	(a) Pulse Sensor (b) Pulse Sensor yang Terhubung dengan Pin-Pin pada Mikrokontroler Arduino Uno	67
Gambar 6.3.	(a). Bluetooth Bluesmirf RN-41 (b) Bluetooth Bluesmirf RN-41 yang Terhubung dengan Pin-Pin pada Mikrokontroler Arduino Uno	68
Gambar 6.4.	Mikrokontroler Arduino Uno ^[19]	69
Gambar 6.5.	Interface Pemrograman Delphi	71
Gambar 6.6.	Hardware Sistem Pendeteksian Detak Jantung.....	72
Gambar 6.7.	Cara Pemasangan Pulse Sensor.....	73
Gambar 6.8.	Pembacaan Data Pulse Sensor pada Serial Monitor	74
Gambar 7.1.	Skematik perancangan sistem keseluruhan	77
Gambar 7.2.	Sistem keseluruhan	77

Gambar 7.3.	Skematik Penguat Instrumentasi.....	79
Gambar 7.4.	Rangkaian penguat instrumentasi.....	79
Gambar 7.5.	Program pembacaan sensor	80
Gambar 7.6.	Tampilan Front Panel	83
Gambar 7.7.	sensor dan penguat pada Serial Monitor	84
Gambar 7.8.	Tampilan aplikasi monitoring	85
Gambar 7.9.	Pencarian koefisien filter FIR Low Pass orde 4	86
Gambar 7.10.	Grafik respon frekuensi koefisien Filter FIR Low Pass orde 4	87
Gambar 7.11.	Pencarian koefisien filter FIR Low Pass orde 8	88
Gambar 7.12.	Grafik respon frekuensi koefisien Filter FIR Low Pass orde 8	89
Gambar 7.13.	Pencarian koefisien filter FIR Low Pass orde 16	90
Gambar 7.14.	Grafik respon frekuensi koefisien Filter FIR Low Pass orde 16	91
Gambar 7.15.	Implementasi Non Filter	92
Gambar 7.16.	Implementasi Filter FIR orde 4	92
Gambar 7.17.	Implementasi Filter FIR Orde 8	93
Gambar 7.18.	Implementasi Filter FIR Orde 16	94

BAB

1

PENDAHULUAN

Teknologi dalam bidang komputer mengalami perkembangan yang pesat dari tahun ke tahun dengan memberikan kemudahan dalam melakukan segala aktifitas. Perkembangan teknologi komputer ini juga diiringi oleh perkembangan komunikasinya yang memberikan kemudahan dalam men-*transfer* data. Dengan adanya perkembangan ini, penulis dituntut lebih kreatif untuk berinovasi terhadap alat yang langsung dapat diaplikasikan oleh masyarakat dalam kebutuhan sehari-hari sehingga dapat mengatasi masalah pada masyarakat, salah satunya adalah masalah kesehatan.

Kesehatan merupakan bagian yang terpenting bagi manusia karena dengan sehat kita dapat melakukan aktifitas dan berpikir dengan baik. Masalah kesehatan yang paling banyak dijumpai dan merupakan jenis penyakit mematikan yang menjadi penyebab kematian tertinggi di berbagai negara berkembang bahkan di negara maju sekalipun adalah penyakit jantung.

Penyakit jantung hingga saat ini masih menjadi penyebab kematian nomor satu di dunia. Data WHO (2005) memperlihatkan sedikitnya 17,5 juta atau sekitar 30% kematian di dunia disebabkan oleh penyakit jantung. Sementara 60% di antaranya ditimbulkan dari penyakit jantung koroner. Sementara keberhasilan pengobatan penyakit jantung sangat bergantung kepada kecepatan penanganan penyakit. Sehingga penanganan dalam mencegah penyakit ini sangat diperlukan dan diawasi sedini mungkin.^[1]

Cara yang paling umum digunakan untuk mengetahui kondisi tubuh yaitu berdasarkan jumlah denyut nadinya, dengan

BAB 2

JANTUNG MANUSIA

A. Definisi Jantung

Jantung merupakan komponen utama sistem peredaran darah yang berfungsi memompakan darah ke seluruh tubuh yang terdiri dari sebuah rongga, rongga berotot yang memompa darah lewat pembuluh darah oleh kontraksi berirama yang berulang. Detak jantung terjadi karena adanya kontraksi dan relaksasi ruang bagian bawah jantung yang memungkinkan darah dari rongga jantung keluar dari jantung. Detak jantung mengakibatkan adanya perubahan tekanan.^[1]

Jantung dibagi oleh dinding otot yang disebut septum yaitu bagian sisi kanan dan kiri yang memiliki empat ruang. Keempat ruang jantung tersebut adalah: ^[1]

1. Atrium (serambi) kanan (AKa) yang menerima darah dari seluruh tubuh yang mengandung sedikit oksigen dan relatif banyak karbon dioksida.
2. Ventrikel (bilik) kanan (VKa) menerima darah dari atrium kanan dan mengirimnya ke paru-paru melalui arteri pulmonal untuk mengambil oksigen dan mengeluarkan karbon dioksida.
3. Atrium kiri (AKi) menerima darah yang mengandung oksigen dari paru-paru dan mengirimnya ke ventrikel kiri.
4. Ventrikel kiri (VKi) menerima darah dari atrium kiri dan mengirimnya keluar melalui aorta ke seluruh tubuh.

BAB 3 | PENGOLAH SINYAL

A. Pengolahan Sinyal

Sinyal adalah besaran fisik yang berubah-ubah menurut waktu, ruang, variabel bebas atau variabel-variabel lainnya dan membawa informasi[7]. Informasi yang dibawa sinyal bermacam-macam, di antaranya amplitudo, frekuensi, gangguan akibat *noise* dan lain-lain. Sinyal memiliki peranan penting dalam kehidupan, umumnya proses pengolahan sinyal berada dalam komponen-komponen elektronik.

Sinyal adalah besaran yang berubah dalam waktu atau dalam ruang, dan membawa suatu informasi. Berbagai contoh sinyal dalam kehidupan sehari-hari : arus atau tegangan dalam rangkaian elektrik, suara, suhu. Representasi sinyal berdasarkan dimensinya dibagi menjadi Dimensi-1 (contoh : sinyal audio), Dimensi-2 (contoh : citra), Dimensi-3 (contoh : video). [22]

Pengolahan sinyal adalah suatu operasi matematik yang dilakukan terhadap suatu sinyal sehingga diperoleh suatu informasi yang berguna[7]. Dalam pengolahan sinyal akan terjadi proses transformasi, baik yang dilakukan secara analog maupun digital. Pengolahan sinyal analog memanfaatkan komponen-komponen analog, di antaranya dioda, transistor, op-amp dan lain-lain. Pengolahan sinyal digital memanfaatkan komponen-komponen digital, di antaranya register, dekoder, mikroprosesor, mikrokontroler dan lain-lain.

Suatu sinyal mempunyai beberapa informasi yang dapat diamati, misalnya *amplitudo*, frekuensi, perbedaan fase, dan gangguan akibat *noise*, untuk dapat mengamati informasi

BAB

4

ARDUINO

UNO

A. Arduino Uno

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler yang berdasarkan ATmega328 yang memiliki 14 digital *input/output* pin (dimana 6 dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input analog*, osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, jack listrik, *header* ICSP, dan tombol *reset*. Arduino uno ini berisikan semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, dengan cara menghubungkannya ke komputer dengan kabel USB atau *power* dengan adaptor AC-DC atau baterai untuk memulai. [10]

Arduino Uno berbeda dari semua papan arduino sebelumnya karena tidak menggunakan chip FTDI driver USB-to-serial. Sebaliknya, memiliki fitur Atmega16U2 (Atmega8U2 hingga versi R2) diprogram sebagai *konverter* USB-to-serial. [10]

Arduino Uno



Arduino Uno Tampak Depan

Arduino Uno Tampak Belakang

Gambar 4.1. Arduino Uno [10]

BAB 5

ALAT PENDUKUNG PENDETEKSI DETAK JANTUNG

A. Komunikasi Serial

Komunikasi serial adalah komunikasi yang mengirimkan data per bit secara satu persatu. Komunikasi serial bekerja melalui port serial yaitu *Communication Port* (COM) yang menyalurkan beberapa bit data secara berurutan. Standar komunikasi serial adalah RS-232 yang mana umum digunakan dalam PC.

Tipe-tipe dasar komunikasi serial adalah komunikasi secara *synchronous* dan *asynchronous*.

1. Komunikasi serial secara *synchronous*

Pada komunikasi serial secara *synchronous* terjadi sinkronisasi antara pengirim dan penerima. Proses sinkronisasi ini akan terus berjalan walaupun pada saat itu tidak terdapat data yang sedang dikirim/ diterima. Data yang dikirim berada dalam satu blok data (*frame*) yang berisi bit-bit pembuka (*preamble bit*), bit data itu sendiri dan bit-bit penutup (*postamble bit*) serta ditambahkan juga bit-bit kontrol pada blok tersebut. Komunikasi serial secara *synchronous* ini memerlukan *resource* yang lebih besar dan mampu menghasilkan jumlah *bit per second* (bps) yang lebih besar dibandingkan *asynchronous* karena tidak memerlukan *start* maupun *stop* bit.

2. Komunikasi serial secara *asynchronous*

Komunikasi serial secara *asynchronous* tidak memerlukan *line* dalam proses sinkronisasinya sehingga

BAB 6

KELAINAN DETAK JANTUNG MENGUNAKAN FAST FOURIER TRANSFORM (FFT) PADA SINYAL PHOTOPLETHYSMOGRAPH (PPG)

A. Perancangan Sistem

Tahap awal dalam sistem ini adalah pendeteksian detak jantung pada orang yang tidak mengidap penyakit jantung dan orang yang mengidap penyakit jantung. Pendeteksian dilakukan menggunakan sensor detak jantung yang dinamakan pulse sensor. Sensor ini bekerja melalui LED yang akan memancarkan cahaya pada ujung jari kemudian sensor akan menangkap kembali cahaya yang dipancarkan. Keluaran dari pulse sensor adalah sinyal PPG berupa data analog.

Media pengiriman data secara serial menggunakan *bluetooth* bluesmirf RN-41. Sehingga, secara garis besar proses pengiriman terdiri dari perangkat pengirim dan perangkat penerima. Pulse sensor sebagai sensor deteksi detak jantung yang terhubung langsung dengan perangkat pengirim adalah mikrokontroler arduino uno dan *bluetooth* bluesmirf RN-41. Sinyal PPG yang berupa analog sebagai keluaran pulse sensor akan masuk ke dalam mikrokontroler arduino uno untuk diolah dengan ADC. Kemudian hasil pengolahan berupa data ADC akan dikirim ke PC menggunakan *bluetooth*.

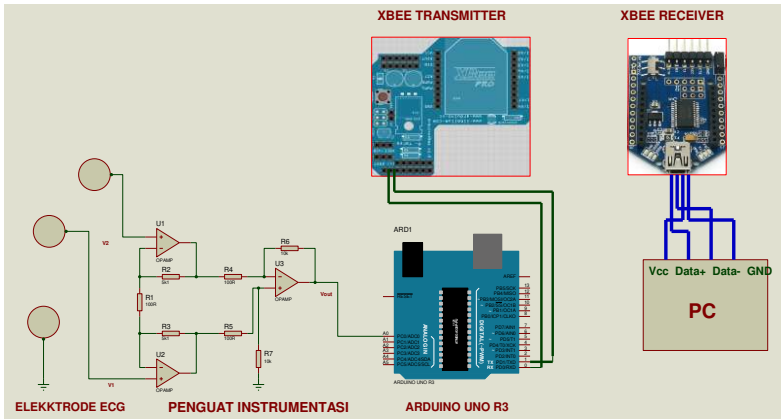
Sedangkan perangkat penerima adalah PC. Pada PC, pemrograman delphi akan membaca data ADC yang dikirim melalui *bluetooth*. Comport yang ada pada delphi harus disesuaikan terlebih dahulu dengan com *bluetooth* yang ada pada PC. Data ADC kemudian akan diproses dengan metode FFT untuk mendapatkan spektrum yang membentuk komponen frekuensi.

BAB 7

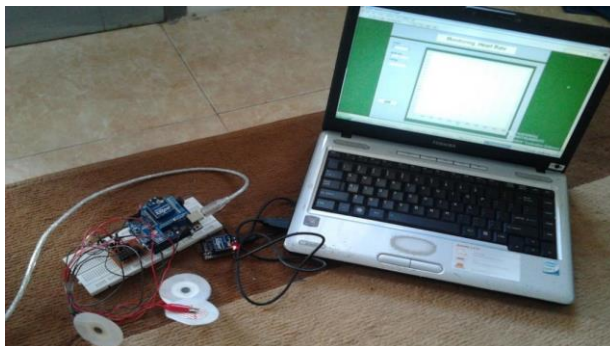
SISTEM MONITORING DENYUT JANTUNG MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ARDUINO DAN KOMUNIKASI MODUL XBEE

A. Perancangan Sistem

Bentuk rangkaian sistem perancangan secara keseluruhan dapat dilihat dari skematik rangkaian berikut:



Gambar 7.1. Skematik perancangan sistem keseluruhan



Gambar 7.2. Sistem keseluruhan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kindersley, Dorling. 2000. *Jendela IPTEK Tubuh Manusia Edisi bahasa Indonesia*. Jakarta: Balai Pustaka
- [2] Hegner, Barbara R. 2003. *Asisten Keperawatan Suatu Pendekatan Proses Keperawatan*. Jakarta: ECG
- [3] Anonymous. 2013. *Elektrokardiogram*. [http://id.wikipedia.org/wiki/ Elektrokardiogram](http://id.wikipedia.org/wiki/Elektrokardiogram) diakses pada tanggal 5 Maret 2013
- [4] Anonymous. 2011. *Penuntun Skills Lab*. Padang: Ilearn Universitas Andalas
- [5] Ambar, Febriyani. 2008. *Tekanan Darah dan Denyut Nadi*. <http://prayudafebrian.blogspot.com/p/tekanan-darah-dan-denyut-nadi.html> diakses pada tanggal 14 Oktober 2012
- [6] Setiya, Cahya. 2013. *Makalah EKG Gangguan Pembentukan impuls yang Berasal dari Sinus dan Atrial*. <http://penasangteknisicardio.blogspot.com/2013/06/makalah-ekg-gangguan-pembentukan-impuls.html> diakses 20 Juni 2013
- [7] Isnaeni, Dany Noor. 2008. *Pembuatan Alat Perekam Denyut Jantung Berbasis Komputer (Elektrodacardiografi)*. Jakarta: Jurnal Jurusan Sistem Komputer Universitas Gunadarma
- [8] Alphatino, Teguh. 2009. *Teknis Operasional dan Interpretasi EKG Strip*. <http://alphatino.blogspot.com> diakses pada tanggal 20 Mei 2013
- [9] Anonymous. Tanpa Tahun. *How to tell heart rate from an ECG*. <http://www.apsarchive.org/download.cfm?submissionID=769> diakses 23 Oktober 2013
- [10] Anonymous. 2012. *Arduino - Arduino Board Uno*. [http://arduino.cc/en/Main /ArduinoBoardUno](http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno) diakses pada tanggal 3 September 2012

- [11] Djuandi, Feri. 2011. *Pengenalan Arduino*, www.tobuku.com/docs/Arduino_Pengenalan.pdf. Diakses tanggal 25 Februari 2013
- [12] Anonymous. 2012. *Arduino Programming*. http://www.psurobotics.org/wiki/index.php?title=Arduino_Programming diakses 23 November 2012
- [13] Artanto, Dian. 2012. *Interaksi Arduino dan Labview*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo
- [14] Maxstream. 2009. *Xbee/ Xbee Pro OEM RF Modules*. Minnetonka: Digi Internasional, Inc.
- [15] Garaudy, Hendrit. dkk. *Perancangan Sistem Monitoring Kelembaban dan Temperature Menggunakan Komunikasi Zigbee 2,4 GHz*. Semarang: Jurnal Universitas Diponegoro
- [16] Anonymous. 2012. *Xbee - SetUp*. www.embedded.arch.ethz.ch/xbee-setup.pdf diakses 23 November 2012
- [17] Anonymous. 2012. *Penguat Biopotensial*. <http://instrumentasi.lecture.ub.ac.id/penguat-biopotensial/> diakses pada 20 September 2013
- [18] Power Electronic Laboratory. 2012. *OP-AMP (Penguat Operational)*. <http://www.unhas.ac.id/elektro/elda/?p=84> diakses pada tanggal 4 Oktober 2012
- [19] Fairchildsemi. 2010. *Datasheet LM2904, LM358/LM258/LM258*. <http://www.fairchildsemi.com/ds/LM/LM258.pdf> diakses pada tanggal 4 Oktober 2012
- [20] Zaenal Abidin. 2012. *Penggunaan Teknologi Informasidi Jurusan Teknik sitem Perkapalan dan Aplikasinya yang Ada Saat Ini*. <http://senyumsimetri.blogspot.com/2012/12/judul-makalah-penggunaananteknologi.html> diakses pada tanggal 9 April 2013

- [21] Didik Hariyanto. Tanpa Tahun. *Teknik Antarmuka ADC*. <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/Teknik%20Antarmuka%20-%20ADC.pdf> diakses 12 Juni 2013
- [22] Kurniawan, Irwan. 2012. *Diktat Pengolahan Sinyal*. Jambi: Diktat Politeknik Jambi
- [23] Smith, Steven W. 1997. *The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing*. California, USA: California Technical Publishing
- [24] Winarsih, Ardi. dkk. *Implementasi Filter Digital IIR Butterworth pada DSP Starter Kit TMS320C3x*. Jakarta: Jurnal Universitas Trisakti
- [25] Wijayanto, Ardik. dkk. 2010. *Pengolahan Sinyal Respirasi dengan FIR Untuk Analisa Volume dan Kapasitas Pulmonary*. Surabaya: Jurnal Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [26] Santoso, Tri Budi. dkk. *Modul Praktikum Pengolahan Informasi Sinyal Wicara*. Tanpa Tahun. http://lecturer.eepis-its.edu/~tribudi/LN_SIP_Prak/rev_01_Speech_prak_4_Matlab.pdf. Diakses pada 3 Juli 2013
- [1] Jantung. <http://id.wikipedia.org/wiki/Jantung> di akses tanggal 10 Maret 2013
- [2] Hasradin, A.T. Parawangsa, E. Palantei, A.A. Ilham., Jaringan WBN Multisensor untuk Aplikasi Monitoring Kesehatan Pasien. *Skripsi*. Universitas Hasanuddin, Makassar.
- [3] Hadiyoso, S., A. Rizal, & Rita M. 2011. Monitoring Photoplethysmograph Digital dengan Wireless LAN (802.11b). *Konferensi Nasional Sistem dan Informatika*. Bali, Indonesia. 12 November 2011.
- [4] Johnston, William S. 2006. Development of a Signal Processing Library for Extraction of SPO₂, HR, HRV, and RR from Photoplethysmographic Waveforms. *Thesis*. Degree of Master of Science, Worcester Polytechnic Institute.

- [5] N., Venti. 2010. Rancang Bangun Alat Deteksi dan Penghitung Detak Jantung dengan Efek Doppler. *Skripsi*. Program Studi Elektro FT. UI, Depok.
- [6] Pulse Sensor Getting Started Guide. <https://code.google.com/p/pulse-sensor/downloads/detail?name=PulseSensorAmpedGettingStartedGuide.pdf&can=2&q=> diakses tanggal 12 Maret 2013
- [7] Diktat Pengolahan Sinyal UTS. <http://irwankurniawanblog.files.wordpress.com/2012/11/diktat-pengolahan-sinyal-uts.pdf> di akses tanggal 1 Mei 2013
- [8] Hakim, Luqman. Analisa Suara Serak Berbasis Transformasi Wavelet dan Jaringan Syaraf Tiruan. *Skripsi*. ITS, Surabaya.
- [9] Pujitresnani, Arierta. 2012. Analisis Spektrum Gelombang Otak Berbasis Fast Fourier Transform (FFT) pada Studi Kasus Keadaan Normal dan Epilepsi. *Skripsi*. Program Studi Fisika MIPA. ITB, Bandung.
- [10] Pradipta, Nanda. Tanpa tahun. Implementasi Algoritma FFT (Fast Fourier Transform) pada Digital Signal Processor (DSP) TMS320C542. Undip, Surabaya.
- [11] Riyanto, S., Agus P., & Supardi. 2006. Algoritma Fast Fourier Transform (FFT) Decimation In Time (DIT) dengan Resolusi 1/10 Hertz. *Prosiding Seminar Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*. Fakultas MIPA, UNY. 16 Mei 2006.
- [12] Huang, Fu-Hsuan, Yuan, Po-Jung, Lin, Kang-Ping, Chang, Hen-Heng, & Tsai Chen-Lun. 2011. Analysis of Reflectance Photoplethysmograph Sensors. World Academy of Science, Engineering and Technology.
- [13] Wei Lu, Chih. Tanpa tahun. Introduction to FFT Processors. Department of Electronics Engineering, National Chiao-Tung University.
- [14] Zahara, H.S, M. Teguh K., & Fitria Y. Tanpa tahun. Monitoring PPG Digital untuk Menghitung Detak Jantung Pasien. IT Telkom, Bandung.

- [15] Susilawati, I. 2009. Kuliah 7 – Transformasi Fourier Cepat (FFT: Fast Fourier Transform). Program Studi Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana Yogyakarta.
- [16] Hariyanto, Didik. Tanpa tahun. Analog to Digital Converter.
- [17] Mujahidin. 2006. Pemrograman Port Serial. <http://robby.c.staff.gunadarma.ac.id/Downloads/files/10309/Parallel+Serial+Prog.pdf> di akses tanggal 25 April 2013
- [18] Geert Langereis. 2010. Photoplethysmograph (PPG) System. <http://www.cs.tau.ac.il/~nin/Courses/Workshop12a/PPG%20Sensor%20System.pdf> di akses tanggal 10 Maret 2013
- [19] Datasheet. <http://www.atmel.com/Images/doc8161.pdf> di akses tanggal 10 Maret 2013
- [20] Bluetooth RN-41. <http://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Wireless/Bluetooth/Bluetooth-RN-41-DS.pdf> diakses tanggal 10 Maret 2013