

Sistem Perekam Detak Jantung Berbasis *Pulse Heart Rate Sensor* pada Jari Tangan

HENDI HANDIAN RACHMAT, DIENAR RASMI AMBARANSARI

Laboratorium Elektronika Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Bandung
Email: hendi.hr@gmail.com

Received 8 Juli 2018 | *Revised* 30 Juli 2018 | *Accepted* 28 September 2018

ABSTRAK

Pada studi ini dilakukan rancang bangun sistem perekam detak jantung portabel berbasis pulse heart rate sensor. Studi ini bertujuan untuk mengetahui keakuratan pulse heart rate sensor dalam mendeteksi detak jantung pada jari tangan, dimana tahap selanjutnya sistem ini akan digunakan untuk merekam detak jantung pasien sehari-hari dalam kondisi beraktivitas. Sistem ini dirancang menggunakan modul pulse heart rate sensor yang dihubungkan dengan mikrokontroler Arduino Nano. Data detak jantung direkam pada modul SD Card. Hasil pengukuran sistem ini dibandingkan dengan hasil pengukuran alat Oxymeter. Pengujian dilakukan dengan mengukur detak jantung bagian jari tengah dengan alat Oxymeter dan bagian jari telunjuk dengan sistem ini. Pengujian dilakukan masing-masing satu kali pada 2 jari tangan kanan dan tangan kiri dari 30 orang naracoba dengan rentang usia 18-23 tahun. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata error akurasi sistem ini adalah 2 bpm terhadap Oxymeter dengan selisih terbesar 5 bpm.

Kata kunci: detak jantung, jari tangan, Oxymeter, SD Card, sensor pulse heart-rate.

ABSTRACT

In this study, we implemented a portable pulse heart rate sensor based heart beat recording system. The goal of this study is to evaluate an accuracy of the sensor for detecting the heart beat on both a right finger and a left finger in order to implement an ambulatory heart beat recording system. The pulse heart rate sensor was connected to an Arduino Nano controller module to calculate the heart beat. The heart beat was then recorded in a SD Card module. The system's results were compared to an oxymeter. Thirty healthy young adult volunteers were involved in this study by measuring the heart beat on a middle finger with Oxymeter and on an index finger with our system. The measurement was tested on both hands's fingers. The results showed that an accuracy of the system is 2 bpm relative to the Oxymeter's with the biggest difference of 5 bpm.

Keywords: fingers, heart rate, Oxymeter, pulse heart rate sensor, SD Card

1. PENDAHULUAN

Denyut atau detak jantung merupakan salah satu parameter penting yang digunakan oleh paramedis untuk mengetahui kondisi kesehatan fisik maupun kondisi mental seseorang **(Murthi dan Haryanto, 2014)**. Manusia tidak bisa mengatur jumlah denyut jantung karena jantung bekerja secara refleks. Denyut atau detak jantung merupakan indikasi penting di dalam bidang kesehatan yang berguna sebagai bahan evaluasi yang relatif efektif dan cepat untuk mengetahui kondisi dan kesehatan pada tubuh seseorang. Saat ini, alat monitoring untuk menghitung detak jantung sudah tersedia, baik konvensional maupun digital. Akan tetapi, alat yang dibuat hanya sebatas memeriksa detak jantung sesaat dan tidak merekam jumlah detak jantung secara kontinyu **(Rozie, dkk, 2016)**. Hal ini menyulitkan untuk mengetahui rata-rata perbedaan detak jantung seseorang dalam berbagai aktivitas selama kurun waktu tertentu atau seharian, contohnya detak jantung dalam aktivitas normal dan detak jantung dalam aktivitas tidur atau istirahat. Dengan mengetahui perbedaan rata-rata kondisi detak jantung berdasarkan suatu aktivitas dalam kurun waktu tertentu maka akan menjadi informasi penting guna mengetahui karakteristik biomekanika tubuh manusia. Untuk dapat membedakan rata-rata detak jantung seseorang maka diperlukan suatu sistem elektronika yang bersifat *non-invasive, portable, ambulatory* (dapat dibawa kemana-mana) dan secara kontinyu merekam detak jantung dalam kurun waktu tertentu.

Berdasarkan keterbatasan pengetahuan peneliti, saat ini telah banyak juga tersedia beberapa merk peralatan monitoring detak jantung komersial yang dapat merekam detak jantung untuk durasi satu hari. Bahkan terdapat juga sebuah perangkat monitoring detak jantung komersial yang telah memiliki kemampuan juga untuk melakukan monitoring dan perekaman detak jantung lebih dari satu hari. Akan tetapi, perangkat-perangkat yang tersedia di pasaran ini masih menggunakan metoda pengukuran detak jantung di pergelangan tangan, bukan dilakukan di jari tangan. Selain itu, perangkat ini masih memerlukan perangkat eksternal lain seperti perangkat Android dengan aplikasi tertentu untuk melakukan perekaman data melalui komunikasi data *wireless* antara perangkat portabel ke perangkat Android. Untuk keperluan perangkat tambahan sebagai perekam data, hal ini dirasakan masih belum efisien karena masih memerlukan dua sistem (perangkat) yang berbeda. Selain biaya yang relatif lebih besar, kehilangan data pada saat tidak bekerjanya komunikasi data antara dua perangkat menjadi faktor yang akan berakibat pada hilangnya data yang diperlukan untuk keperluan analisis data.

Untuk mengimplementasikan sistem perekam detak jantung melalui jari tangan yang dapat merekam dalam durasi lebih dari satu hari dan terintegrasi dalam satu sistem, maka pada penelitian ini dirancang prototipe sistem elektronika perekam detak jantung manusia pada jari tangan menggunakan *pulse heart rate sensor*. Dipilihnya metoda pengukuran detak jantung pada jari tangan ini, tidak terlepas dari ketersediaan *pulse heart rate sensor* yang berdimensi kecil sehingga bersifat portabel untuk digunakan oleh naracoba. Sensor jenis ini telah digunakan oleh Wohingati dan rekan untuk mengukur detak jantung pada jari tangan, dimana hasil penelitiannya telah dapat mendeteksi detak jantung di tangan, walaupun sensitivitas dan pembacaannya relatif lebih lambat jika dibandingkan dengan pemeriksaan detak jantung di pergelangan tangan secara manual **(Wohingati dan Subari, 2013)**. Keakuratan *pulse heart rate sensor* ini telah juga diteliti dua penelitian yang lain yaitu oleh Heruryantu dan rekan serta oleh Lukman dan Surasa untuk mengukur detak jantung melalui jari tangan, dimana hasilnya menunjukkan bahwa selisih akurasi pengukuran terbesar adalah 3,12% dari EKG konvensional model *Comens CM-III* **(Heruryantu dan rekan, 2014)** serta tingkat akurasi sistem hampir mendekati 98,742% **(Lukman dan Surasa, 2017)**.

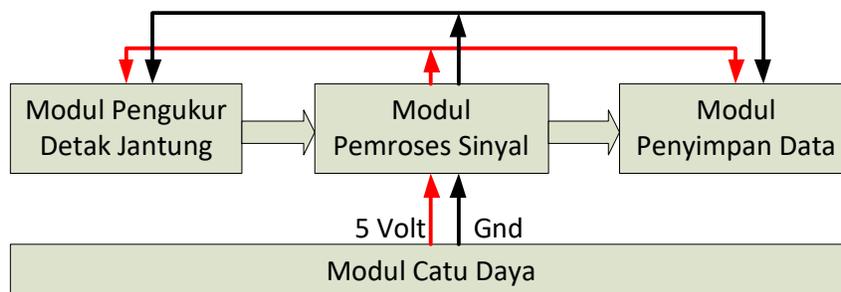
Namun pada kedua penelitian tersebut, sistem yang diimplementasikan masih belum bisa *portable* (kecil) untuk dibawa kemana-mana dan digunakan sambil beraktivitas. Selain itu, dari dua penelitian di atas, metoda perbandingan pengukuran detak jantung *pulse heart rate sensor* masih dilakukan dengan pengukuran detak jantung di tempat atau lokasi yang berbeda, dimana perbandingan detak jantung tidak dibandingkan dengan kondisi detak jantung di jari tangan juga. Hal ini dimungkinkan timbulnya perbedaan dari hasil pengukuran yang diperoleh.

Prototipe sistem ini bertujuan untuk dapat mengetahui kemampuan sistem perekam detak jantung sebelum diterapkan pada naracoba atau pasien. Kemampuan sistem yang ingin diteliti mencakup sensitivitas sensor untuk mendeteksi detak jantung pada jari tangan kiri atau jari tangan kanan, kapasitas memori yang digunakan untuk merekam data detak jantung serta besarnya daya listrik yang digunakan oleh sistem. Ketiga parameter di atas merupakan penelitian pendahuluan untuk dapat memperoleh informasi awal untuk mengembangkan sistem elektronika perekam detak jantung yang dapat digunakan oleh pasien atau naracoba di jari tangan kanan atau kiri dengan kapasitas memori dan catu daya yang memadai untuk dapat merekam seluruh data detak jantung dalam kurun waktu tertentu (lebih dari satu hari).

Dari penelitian yang sudah dilakukan masih belum ada yang membahas tentang alat perekam detak jantung yang diukur melalui jari tangan secara kontinyu dalam kondisi pasien beraktivitas. Kemudian dari penelitian-penelitian yang sudah dilakukan, kebanyakan melakukan perbandingan pada satu sisi jari tangan saja. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan pengembangan terhadap penelitian sebelumnya yaitu mengimplementasikan alat pengukur detak jantung dengan menggunakan *pulse heart rate sensor* untuk dapat merekam detak jantung pada jari tangan kanan atau jari tangan kiri. Akurasi sistem pada penelitian ini dilakukan dengan mengukur dan membandingkan detak jantung secara bersamaan pada jari tangan antara pengukuran detak jantung berbasis *pulse heart rate sensor* dengan hasil pengukuran alat *Oxymeter*. Pengujian ini dilakukan pada kedua belah jari tangan untuk melakukan evaluasi kondisi detak jantung terukur di tangan kiri dan tangan kanan naracoba (pasien). Selain itu, pada penelitian ini juga dilakukan evaluasi kapasitas memori yang digunakan untuk merekam data detak jantung serta besarnya daya listrik yang digunakan oleh sistem. Data hasil penelitian ini selanjutnya akan digunakan untuk mengembangkan sistem elektronika perekam detak jantung pasien atau naracoba yang bersifat *non-invasive, portable, ambulatory* dan kontinyu guna mengevaluasi rata-rata detak jantung dalam kurun waktu tertentu dalam berbagai aktivitas keseharian untuk mengevaluasi karakteristik biomekanika tubuh manusia.

2. MATERIAL DAN METODOLOGI SISTEM

Perancangan dan implementasi prototipe sistem perekam detak jantung berbasis *pulse heart rate sensor* pada jari tangan disusun dari beberapa perangkat seperti yang terlihat pada blok diagram sistem dapat dilihat pada Gambar 1. Sistem ini terdiri dari perangkat keras serta perangkat lunak, dimana perangkat keras terdiri dari modul pengukur detak jantung, modul pemroses sinyal, modul penyimpanan data dan catu daya, serta perangkat lunak yang disimpan pada memori modul pemroses sinyal.



Gambar 1. Blok diagram prototipe sistem perekam detak jantung

Modul pengukur detak jantung pada sistem ini berbasis *pulse heart rate sensor* yang telah dilengkapi dengan pengkondisi sinyal untuk mendeteksi dan menghasilkan data sinyal detak jantung di jari tangan naracoba atau pasien. Data sinyal detak jantung ini kemudian diproses menggunakan modul pemroses sinyal berbasis Arduino Nano, agar sistem memiliki dimensi yang relatif kecil untuk dapat dengan mudah dibawa kemana-mana (*ambulatory*) oleh pasien atau naracoba. Untuk merekam data detak jantung pasien yang telah diukur, sistem ini menggunakan modul penyimpanan data dengan media penyimpan berupa *micro SD Card*. Dalam penelitian ini, sistem masih disuplai dengan menggunakan catu daya dari modul catu daya eksternal yang belum bersifat portabel. Hal ini dilakukan untuk dapat mengukur beban sistem yang digunakan secara lebih stabil, guna mengevaluasi kapasitas catu daya yang harus digunakan untuk mengaktifkan sistem dalam durasi waktu tertentu. Adapun perangkat lunak yang diimplementasikan pada sistem ini menggunakan bahasa pemrograman Arduino IDE.

2.1 Metode Perancangan dan Implementasi Perangkat Keras

Perancangan dan implementasi perangkat keras sistem ini dilakukan secara modular. Hal ini didasarkan atas pertimbangan untuk mempermudah pengembangan dan *trouble shooting* sistem. Modul yang dipergunakan pada sistem ini yaitu: modul sensor, modul pemroses sinyal, modul penyimpanan data serta modul catu daya. Selain modul catu daya, ketiga modul yang dirancang dan diimplementasikan sistem ini telah dipilih dengan dimensi yang relatif kecil untuk memungkinkan sistem diimplementasikan secara portabel dan nyaman digunakan hampir setiap saat.

Spesifikasi prototipe sistem perekam detak jantung yang diimplementasikan pada penelitian adalah sebagai berikut:

- Akuisisi detak jantung menggunakan modul *pulse heart rate sensor* SEN 11574
- Pemroses sinyal menggunakan modul Arduino Nano
- Penyimpanan data menggunakan modul *micro SD Card TF Card reader*
- Catu daya menggunakan tegangan DC 5 Volt
- Detak jantung dideteksi pada jari tangan kanan atau tangan kiri
- Sistem dapat mendeteksi detak jantung dari 50 bpm sampai dengan 200 bpm dengan toleransi: ± 1 bpm.

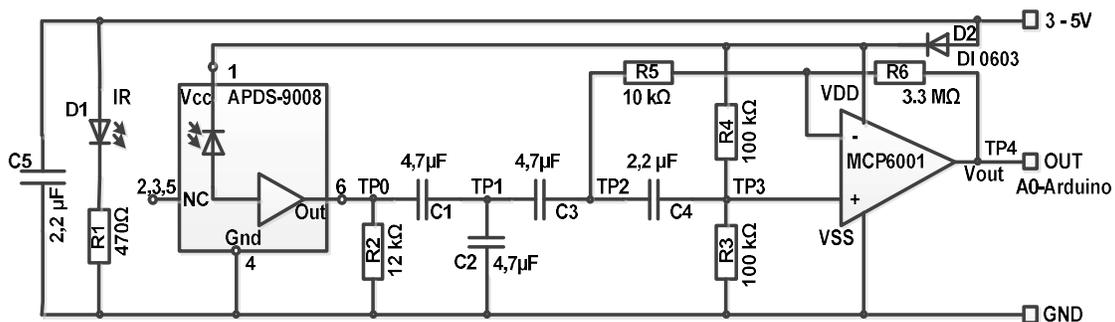
a. Modul sensor

Modul ini diimplementasikan dengan menggunakan modul *pulse heart rate sensor* SEN 11574. Pada Gambar 2 ditunjukkan bentuk fisik dari sensor, dimana bagian depan sensor ini akan ditempelkan pada jari tangan untuk mendeteksi detak jantung pasien atau naracoba.



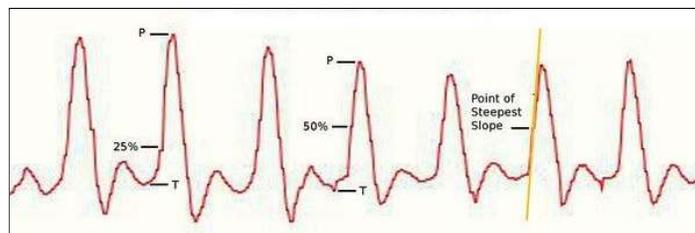
Gambar 2. Bentuk fisik *pulse heart rate sensor* (a) bagian depan dan (b) bagian belakang
 (Sumber: www.sparkfun.com/products/11574)

Di dalam modul sensor ini telah diintegrasikan sejumlah fungsi komponen yaitu sensor *infrared*, detektor cahaya, rangkaian filter, rangkaian penguat sinyal dan komponen proteksi rangkaian. Skematik diagram sederhana modul ini ditunjukkan pada Gambar 3.



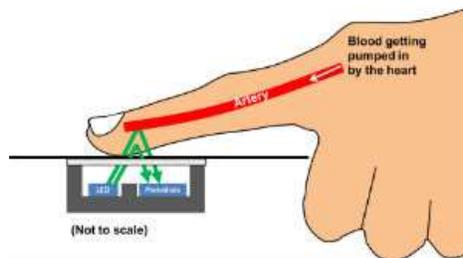
Gambar 3. Skematik diagram modul *pulse heart rate sensor*
 (Sumber: Murphy, 2012)

Pulse heart rate sensor pada dasarnya menggunakan prinsip kerja *photoplethysmography*, dimana merupakan metoda optis yang relatif sederhana dan murah untuk mendeteksi secara *non-invasive* perubahan volume darah setiap jantung berdetak pada jaringan pembuluh darah (Allen, 2007). Sinyal yang dihasilkan oleh sensor menghasilkan gelombang yang dinamakan *photoplethysmogram* (PPG) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. PPG dalam dunia medis digunakan untuk pengukuran *respiratory rate* (pernafasan) dan *heart rate* (detak jantung). Saat jantung memompa darah ke seluruh tubuh, setiap denyut yang terjadi disertai dengan munculnya gelombang pulsa seperti gelombang kejut yang merambat melalui arteri hingga ke lapisan kapiler tangan (jemari) tempat *pulse heart rate sensor* dipasang.



Gambar 4. Contoh bentuk sinyal *Photoplethysmogram*
 (Sumber: Murphy, dkk, 2018)

Photodiode yang sudah terintegrasi dalam komponen APDS 9008 digunakan sebagai penangkap gelombang cahaya yang dipancarkan oleh *Infra Red* (IR). Metoda pengukuran detak jantung pada pembuluh darah jari tangan pada sistem ini menggunakan metoda refleksi, dimana IR sebagai sumber cahaya dipasangkan sejajar dengan *Photodiode* sebagai sensor cahaya, seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Sinyal atau perubahan yang diterima oleh *Photodiode* adalah pantulan cahaya dari IR. *Photodiode* mengubah besarnya intensitas cahaya yang diterima menjadi arus listrik. Besar kecilnya cahaya yang diterima berdasarkan pantulan cahaya dari IR yang dipancarkan ke pembuluh darah pada jari tangan.



Gambar 5. Metoda pendeteksian detak jantung dengan metode refleksi
(Sumber: Udupa & Aroul, 2014)

Arus listrik yang dihasilkan oleh komponen APDS-9008 kemudian diubah menjadi tegangan listrik di titik TP0 dengan menggunakan sebuah resistor 12 k Ω . Tegangan listrik ini kemudian disaring untuk menghilangkan tegangan DC dan diperkecil tegangannya dengan menggunakan kapasitor C1 dan C2. Sinyal ini kemudian dihubungkan rangkaian *differensiator* op-amp dengan frekuensi cut-off 3,38 Hz yang dihasilkan oleh kapasitor C3 dan R5. Rangkaian *differensiator* ini akan berfungsi ganda yaitu sebagai *differensiator* dan sebagai penguat *inverting*. Rangkaian akan berfungsi sebagai *differensiator* jika frekuensi sinyal input pada TP1 lebih kecil dari frekuensi *cut-off* atau rangkaian akan berfungsi sebagai penguat *inverting* jika frekuensi sinyal input pada TP1 lebih besar dari frekuensi *cut-off*. Sinyal pada TP1 kemudian dihubungkan dengan komponen C4 dan resistor R3 untuk difilter kembali dengan frekuensi *cut-off* 0,72 Hz. Dengan kata lain, rangkaian ini akan menfilter sinyal sesuai dengan detak jantung manusia pada umumnya yaitu lebih kurang 43 sampai dengan 200 *beat per minute* (bpm).

Komponen resistor R3 dan R4, berfungsi juga sebagai pembagi tegangan untuk menghasilkan tegangan bias untuk sinyal TP1 sehingga memiliki sinyal dengan tegangan offset sebesar setengah dari tegangan catu daya (V_{cc}) yang diberikan. Sinyal tersebut kemudian dikondisikan dengan rangkaian *differensiator* op-amp sesuai dengan frekuensi sinyal input yang mengalir pada rangkaian. Jika rangkaian *differensiator* ini berfungsi sebagai penguat, maka akan menghasilkan penguat *inverting* dengan penguatan sebesar 330 kali. Tegangan keluaran (V_{out}) dari modul ini berupa level tegangan DC yang memenuhi persyaratan untuk diproses lebih lanjut oleh modul pemroses sinyal Arduino Nano melalui pin input analog (A0).

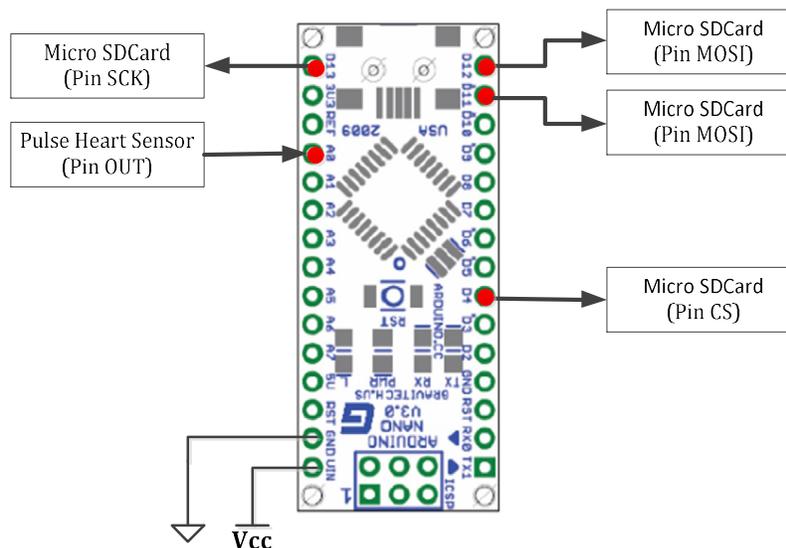
Modul sensor ini juga dilengkapi dengan pengaman berupa *diode* D2 untuk mencegah terbaliknya polaritas catu daya yang diberikan agar menghindari kerusakan pada komponen. *Diode* D2 akan bersifat *forward bias* jika polaritas catu daya dalam posisi yang benar, sedangkan *Diode* D2 akan bersifat *reverse bias* jika polaritas catu daya dalam posisi yang salah.

b. Modul Pemroses Sinyal

Sinyal tegangan keluaran (Vout) yang telah dihasilkan oleh modul sensor kemudian dihubungkan ke modul pemroses sinyal berbasis Arduino Nano melalui pin analog A0, seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Sinyal tegangan yang bersifat analog ini kemudian diubah menjadi sinyal digital untuk diproses menjadi nilai detak jantung terukur. Pemrosesan data ini dilakukan dengan perangkat lunak yang diprogram pada modul Arduino Nano. Prosedur lengkap seluruh perangkat lunak yang diimplementasikan pada sistem ini mencakup penyeleksian data sinyal detak jantung, penghitungan data detak jantung, penyimpanan data detak jantung, dan penampilan data detak jantung.

Penyeleksian data sinyal detak jantung dan penghitungan data detak jantung pada sistem ini menggunakan program Arduino yang telah diimplementasikan oleh Murphy dan rekan yaitu Arduino Code v1.2 Walkthrough (**Murphy, dkk, 2018**). Dalam algoritma program tersebut, setelah sinyal analog dikonversikan menjadi data digital dengan ADC 10 bit yang terdapat pada Arduino Nano, kemudian data diproses sedemikian rupa hingga dapat dihasilkan jumlah detak jantung yang terukur dalam satu menit.

Detak jantung yang telah dihitung oleh modul pemroses sinyal ini kemudian dikirimkan pada modul penyimpanan data berupa *micro SD Card* melalui komunikasi *serial peripheral interface* (SPI). Model komunikasi SPI ini memanfaatkan empat buah pin digital modul Arduino Nano yaitu pin D4, D11, D12 dan D13 yang secara berturut-turut dihubungkan ke empat pin modul penyimpanan data yaitu pin CS, MOSI, MISO dan SCK.



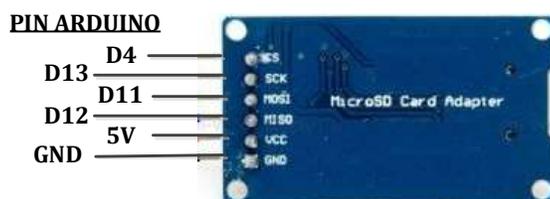
Gambar 6. Skematik diagram modul pemroses sinyal berbasis Arduino Nano

c. Modul Penyimpanan Data

Data detak jantung yang telah diukur kemudian disimpan pada modul penyimpanan data berupa media *micro SD Card*. Media penyimpanan data ini digunakan selanjutnya untuk menyimpan seluruh data detak jantung dari pasien atau naracoba untuk dilakukan evaluasi detak jantung terukur dengan kegiatan yang dilakukan oleh pasien atau naracoba dalam kurun waktu tertentu. Namun untuk studi saat ini, data detak jantung yang tersimpan pada media penyimpanan data hanya akan dievaluasi berdasarkan besarnya kapasitas memori data yang terpakai untuk menyimpan satu kali data pengukuran detak jantung. Hal ini berguna

untuk dapat mengevaluasi besarnya kapasitas memori *micro SD Card* yang diperlukan untuk merekam sejumlah data detak jantung dalam kurun waktu tertentu.

Agar modul ini dapat berkomunikasi dengan modul pemroses sinyal, maka modul *micro SD Card* ini menggunakan jenis komunikasi SPI dengan menghubungkan secara berurutan 4 empat buah pin yaitu pin CS, MOSI, MISO dan SCK pada 4 buah pin modul Arduino Nano yaitu pin D4, D11, D12 dan D13, seperti ditunjukkan pada Gambar 7. Model komunikasi ini memang lebih boros dalam pemakaian jalur data namun lebih aman dalam melakukan sinkronisasi data antara data yang dikirimkan dari modul pemroses sinyal dengan data yang diterima oleh modul penyimpanan data. Hal ini disebabkan karena model ini menggunakan komunikasi sinkron dengan satu sumber *clock* yang berasal dari modul Arduino Nano. Pada penelitian ini data disimpan pada *micro SD Card* dengan kapasitas 2 GByte dalam bentuk file teks.

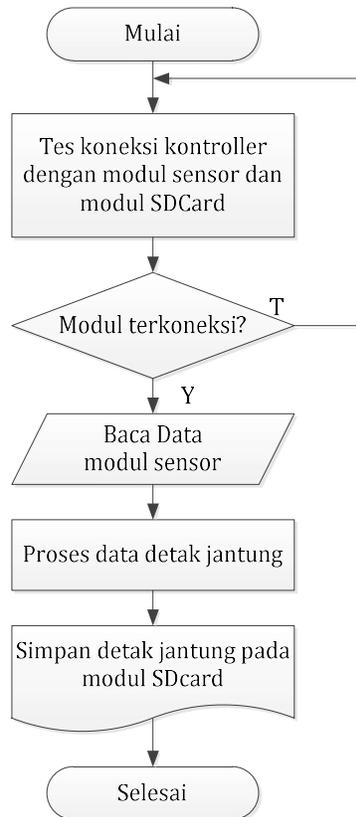


Gambar 7. Skematik diagram modul *micro SD Card*

2.2 Metode Perancangan dan Implementasi Perangkat Lunak

Proses kerja perangkat lunak sistem perekam detak jantung atau denyut nadi berbasis *pulse heart rate sensor* ini dijelaskan dalam bentuk diagram alir atau *flowchart* seperti dapat dilihat pada Gambar 8. Sistem akan mulai bekerja pada saat diberi catu daya. Setelah sistem mulai bekerja, selanjutnya sistem melakukan tes koneksi antara Arduino Nano dengan *pulse heart rate sensor* dan modul *micro SD Card*. Tes koneksi Arduino Nano adalah proses persiapan awal sistem pada saat akan bekerja.

Proses selanjutnya adalah pembacaan pada modul *micro SD Card*, dimana jika modul *SD Card* tidak terbaca atau *SD Card* tidak berfungsi maka proses akan kembali pada pengecekan koneksi antar modul pada mikrokontroler. Akan tetapi, jika modul *micro SD Card* terbaca maka proses selanjutnya adalah Arduino Nano melakukan pembacaan data analog dari *pulse heart rate sensor* untuk diubah dan diproses secara digital hingga menghasilkan nilai detak jantung dalam satuan bpm. Nilai detak jantung ini kemudian akan dikirimkan untuk disimpan pada modul *micro SD Card*. Format data yang dihasilkan pada *SD Card* untuk menyimpan data detak jantung adalah format teks. Data ini kemudian dibaca secara manual dengan memindahkan *SD Card* pada *card reader*.



Gambar 8. Flowchart perangkat lunak sistem

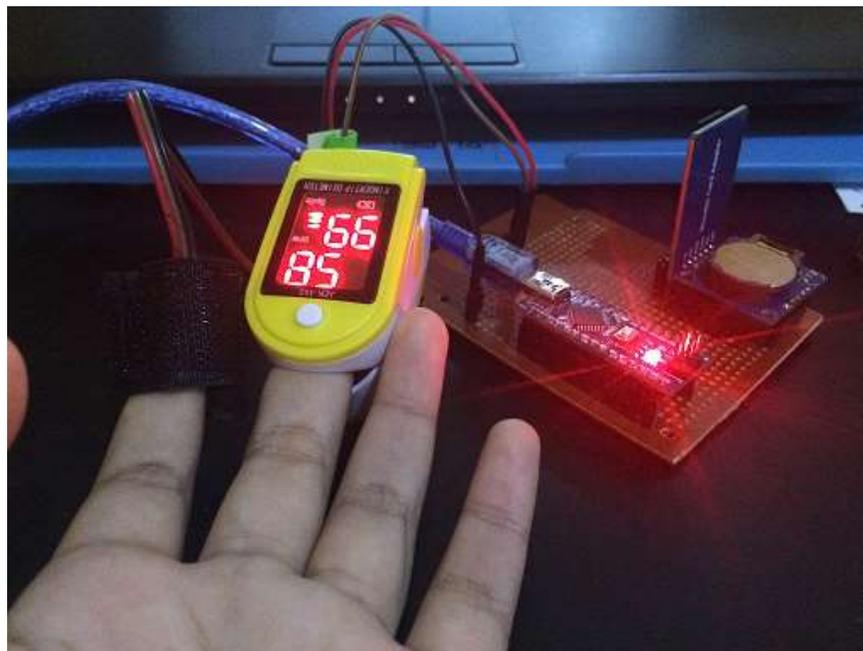
2.3 Metode Pengujian Sistem

Pada penelitian ini pengujian sistem dilakukan dengan melakukan pengukuran detak jantung antara sistem berbasis *pulse heart rate sensor* dan *Oxymeter* secara bersamaan pada tangan yang sama namun pada jari yang berbeda. Penggunaan *Oxymeter* komersial dianggap telah dapat dijadikan sebagai alat ukur referensi pembandingan untuk sistem ini karena alat *Oxymeter* juga menghasilkan data detak jantung terkalibrasi (oleh pabrik) melalui pengukuran di jari tangan. Di samping itu, penggunaan *Oxymeter* ini bertujuan untuk mendapatkan nilai detak jantung pada posisi yang sama yaitu pada jari tangan. Selain itu, bertujuan untuk mempermudah pengukuran detak jantung pada naracoba sehingga tidak perlu pergi ke rumah sakit atau instansi kesehatan yang memiliki alat ukur tekanan darah terkalibrasi lain seperti ECG (*Electro Cardio Gram*).

Prosedur pengujian sistem ini dilakukan dengan meletakkan *Pulse heart rate sensor* pada jari telunjuk, sedangkan *Oxymeter* diletakkan pada jari tengah, baik pada tangan kanan maupun tangan kiri. Prosedur pengujian ini seperti terlihat pada Gambar 9. Pengambilan data detak jantung dalam satu menit (bpm) diambil satu kali pada setiap tangan. Pengujian dilakukan pada 30 orang naracoba yang berbeda yaitu terdiri dari 8 orang wanita dan 22 orang laki-laki dengan rentang usia antara 18 tahun sampai 23 tahun.

Data detak jantung yang diukur pada sistem berbasis *pulse heart rate sensor* kemudian disimpan pada modul *micro SD Card*. Besarnya rata-rata kapasitas data yang digunakan pada kartu memori untuk setiap penyimpanan data detak jantung per menit kemudian dicatat guna melakukan perhitungan kapasitas total kartu memori yang diperlukan untuk

menyimpan data detak jantung selama minimal 24 jam. Data ini akan digunakan untuk pengembangan sistem selanjutnya.



Gambar 9. Prosedur pengukuran detak jantung antara sistem berbasis *pulse heart rate sensor* dan *Oxymeter* secara bersamaan pada dua jari tangan naracoba.

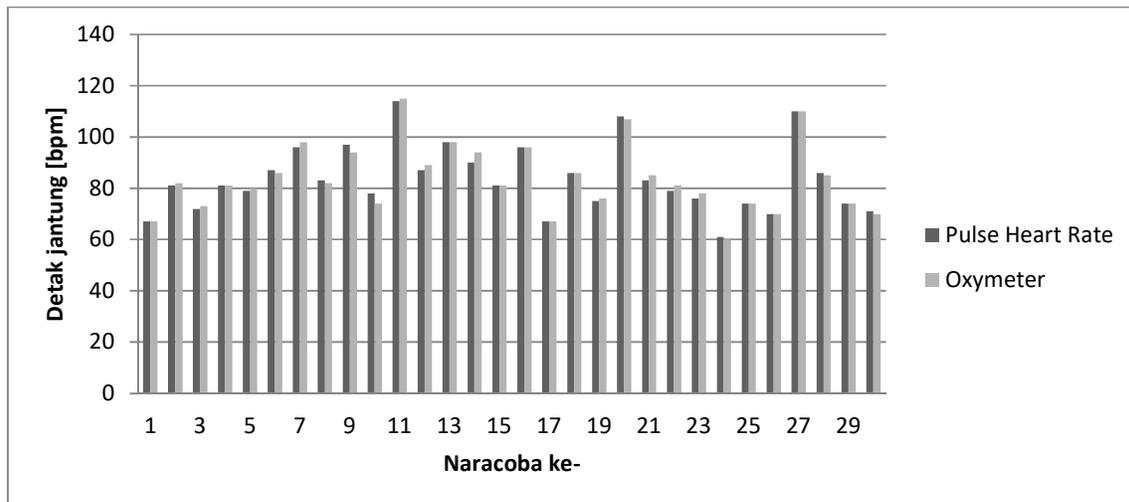
Selain itu, pengujian sistem juga dilakukan untuk mengukur impedansi total yang dimiliki oleh sistem. Pengukuran impedansi ini dilakukan untuk mengetahui rata-rata kapasitas energi yang dipakai oleh sistem selama melakukan pengukuran detak jantung. Pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan dan arus yang terjadi pada saat sistem diaktifkan untuk setiap 5 menit selama satu jam. Pengukuran tegangan dan arus diukur dengan menggunakan dua buah AVO meter yang berbeda dengan tipe DEKKO DM-181. Besarnya energi rata-rata yang digunakan selama 5 menit tersebut digunakan untuk menghitung energi total sistem yang digunakan selama 1 jam. Total energi ini digunakan untuk memperhtungkan spesifikasi kapasitas baterai atau catu daya yang diperlukan oleh sistem ketika digunakan untuk melakukan perekaman data detak jantung selama minimal 24 jam.

3. HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM

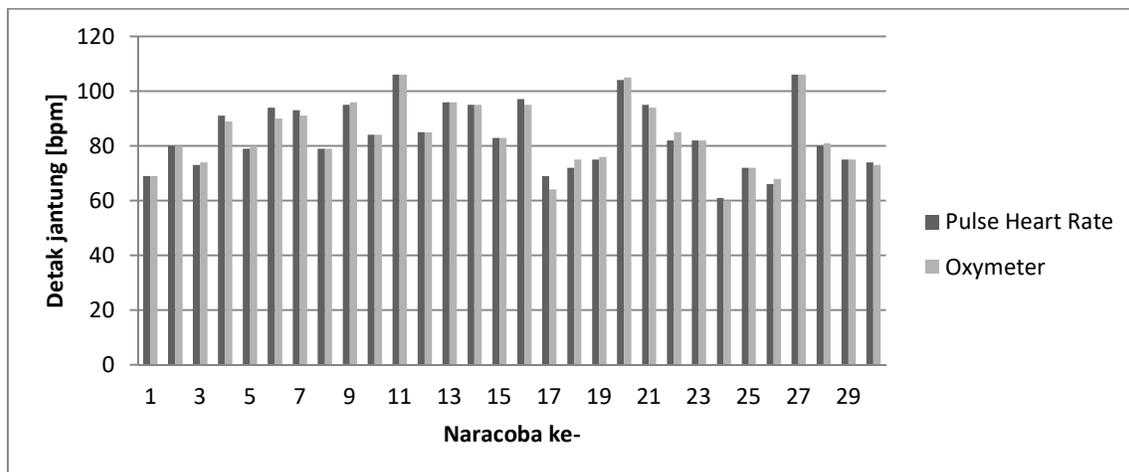
Hasil pengujian sistem perekam detak jantung menunjukkan bahwa sistem telah dapat mengukur detak jantung ketiga puluh orang naracoba dengan rentang detak jantung dari minimal sebesar 60 bpm dan maksimal sebesar 115 bpm. Hal ini telah menunjukkan bahwa sistem telah dapat mengukur sesuai spesifikasi batas pengukuran detak jantung sistem yaitu dari 50 bpm sampai dengan 200 bpm. Data detak jantung yang diperoleh dari hasil pengujian ini tidak diperuntukkan atau difokuskan untuk kepentingan diagnosa kesehatan naracoba. Dari hasil pengujian juga terlihat bahwa sistem telah memiliki nilai akurasi rata-rata pengukuran yang relatif kecil yaitu 1 – 2 bpm jika dibandingkan dengan hasil pengukuran detak jantung dengan menggunakan *Oxymeter*. Hal ini terjadi baik pada pengukuran detak jantung pada jari tangan kanan maupun pada jari tangan kiri, seperti ditunjukkan pada Gambar 10 dan Gambar 11. Perbedaan nilai tersebut dapat dijadikan

sebagai faktor kalibrasi untuk sistem berbasis *pulse heart rate sensor* atau dapat dinyatakan bahwa sistem yang diimplementasikan telah sesuai dengan spesifikasi ketelitian pengukuran sistem yang dirancang.

Perbedaan maksimum yang terjadi yaitu 4 bpm pada tangan kanan dan 5 bpm pada tangan kiri. Namun perbedaan ini tidak terjadi pada naracoba yang sama, sehingga dapat disimpulkan bahwa perbedaan ini bukan berasal dari ketidakstabilan sistem alat ukur tetapi dapat dimungkinkan pada pelaksanaan prosedur pengukuran. Dengan kondisi ini, maka untuk selanjutnya perlu diantisipasi untuk melakukan metoda pengukuran dengan melakukan perhitungan nilai rata-rata dari sejumlah pengukuran dalam menentukan nilai detak jantung (bpm) yang terukur.



Gambar 10. Data perbandingan detak jantung pada tangan kiri dari pengukuran 30 naracoba



Gambar 11. Data perbandingan detak jantung pada tangan kanan dari pengukuran 30 naracoba

Jika data pengukuran detak jantung dari sistem dibandingkan antara data detak jantung pada tangan kiri (Gambar 10) dengan data detak jantung pada tangan kanan (Gambar 11), maka diperoleh nilai rata-rata perbedaan detak jantung sebesar 4 bpm. Hal ini terjadi pada

hasil pengukuran detak jantung pada jari tangan kiri dan jari tangan kanan, baik dengan menggunakan *Oxymeter* maupun dengan menggunakan sistem berbasis *pulse heart rate sensor*. Dari data pengukuran diperoleh 23% (7 dari 30 orang) naracoba memiliki detak jantung yang hampir sama (perbedaan lebih kecil dari 1 bpm) ketika dilakukan pengukuran melalui jari tangan kanan dan jari tangan kiri. Hal ini tentu saja perlu pengujian lebih lanjut dengan memasukkan parameter kebiasaan naracoba dalam menggunakan kedua belah tangannya. Dikarenakan dalam penelitian ini faktor kecenderungan naracoba lebih dominan menggunakan tangan kanan atau tangan kiri masih diabaikan. Untuk pengembangan dan sebagai acuan pada penelitian selanjutnya, pengukuran akan menanyakan terlebih dahulu tangan yang dominan digunakan oleh setiap naracoba sebelum melakukan pengukuran. Hal ini telah dibuktikan oleh penelitian yang dilakukan oleh Basaranoglu dan rekan dimana hasil penelitiannya menunjukkan bahwa saturasi oksigen jari tangan kanan secara statistik lebih tinggi dibandingkan dengan hasil pengukuran pada jari tangan kiri untuk naracoba yang dominan beraktivitas dengan tangan kanan (**Basaranoglu, dkk, 2015**).

Analisis hasil pengujian berikutnya adalah kapasitas memori *SD Card* yang terpakai untuk melakukan perekaman satu kali pengukuran detak jantung. Dari hasil pengujian diperoleh bahwa rata-rata kapasitas memori dari setiap file teks yang terbentuk adalah 27 bytes untuk satu kali perekaman denyut jantung per menit. Dengan nilai pengujian ini, maka dapat dihitung kapasitas *SD Card* minimal yang diperlukan untuk perekaman selama 1 hari (24 jam = 1440 menit) adalah 38.880 bytes. Jadi dengan penggunaan kapasitas memori *SD Card* sebesar 2 GByte, maka akan dapat menyimpan data lebih dari satu hari.

Data pengujian terakhir yaitu data impedansi sistem yang diukur melalui pengukuran tegangan dan arus yang mengalir pada sistem ketika yang sedang aktif. Secara berturut-turut rata-rata tegangan dan arus yang terjadi setiap 5 menit adalah 5,0875 volt dan 22,7 mA. Dari data yang dihasilkan tersebut maka dapat dihitung nilai impedansi rata-rata sistem yaitu sebesar 224 Ω . Jadi dengan baterai 9 volt berkapasitas 200 mAh, maka baterai tersebut akan bertahan selama 15,58 jam. Dengan kemampuan baterai ini maka untuk pengembangan sistem selanjutnya yaitu menggunakan sistem ini untuk merekam detak jantung selama lebih dari 24 jam perlu direncanakan dengan baik. Sebagai gambaran rencana yang dapat dilakukan yaitu dengan melakukan penggantian baterai sebelum baterai tersebut habis energinya, mengurangi jumlah pengambilan data tidak setiap menit atau mengatur sistem aktifasi sistem secara otomatis dimana hanya akan aktif ketika akan mengambil saja.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pengujian dan pengukuran detak jantung dengan *pulse heart rate sensor* yang dibangun dalam penelitian ini, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Rata-rata nilai akurasi sistem untuk mengukur detak jantung yaitu adalah 1 - 2 bpm terhadap *Oxymeter* baik untuk jari tangan kiri maupun jari tangan kanan.
2. Rata-rata kapasitas memori dari setiap file teks yang terbentuk adalah 27 bytes untuk satu kali perekaman denyut jantung per menit.
3. Impedansi rata-rata sistem yaitu sebesar 224 Ω .

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada ketiga puluh orang naracoba yang telah ikut serta dalam penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Murthi, W. A. B., & Haryanto. (2014). Rancang Bangun Alat Ukur Detak Jantung Dan Suhu Tubuh Manusia Berbasis Mikrokontroler ATmega16. *Jurnal Ilmiah GO INFOTECH*, 20(1), 18
- Rozie, F., Hadary, F., & Pontia W, F. T. (2016). Rancang Bangun Alat Monitoring Jumlah Denyut Nadi / Jantung Berbasis Android. *Jurnal Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura*, 18
- Wohingati, G. W., & Subari, A. (2013). Alat Pengukur Detak Jantung Menggunakan Pulse Sensor Berbasis Arduino UNO R3 Yang Diintegrasikan Dengan Bluetooth. *Jurnal Gema Teknologi*, 17(2)
- Heruryanto, H., & Dkk. (2014). Sistem Pengukuran Denyut Jantung Berbasis Mikrokontroler ATmega8535. *Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin*
- Lukman, M. P., & Surasa, H. (2017). Portable Monitoring Penderita Penyakit Jantung Terhadap Serangan Berulang Berbasis Android. *Seminar Nasional Teknologi Informasi Processing*. (B4)
- Sparkfun (2018). Pulse Sensor. Dipetik pada 13 Juni 2018 dari: <https://www.sparkfun.com/products/11574>
- Murphy, J. (2012). Pulse Sensor Amplified. Dipetik pada 13 Juni 2018 dari: <http://www.theorycircuit.com/pulse-sensor-arduino/>
- Allen, J. (2007). Photoplethysmography and Its Application in Clinical Physiological Measurement. *Physiological Measurement* 28: R1-R39
- Udupa, A. & Aroul, P. (2014). *Designing a Heart Rate Monitor for Wearable Devices*. Dipetik pada 13 Juni 2018 dari: <https://www.mdtmag.com/article/2014/09/designing-heart-rate-monitor-wearable-devices>
- Murphy, J., Needham, B., Yury, G. (2018). *Pulse Sensor Amped*. Dipetik pada 11 Juni 2018 dari: <https://pulsesensor.com/pages/pulse-sensor-amped-arduino-v1dot1>
- Basaranoglu, G., Bakan, M., Umutoglu, T., Zengin, S. U., Idin, K., & Salihoglu, Z. (2015). *Comparison of SpO₂ Values From Different Fingers of The Hands*. Springerplus 4: 561