

Pengawasan Detak Jantung dan Peringatan Aritmia secara Ubiquitous Menggunakan Protokol MQTT

Tugas Akhir

Kelompok Keahlian: Telematics

**Muhammad Alif Akbar
NIM: 1103132163**



**Program Studi Sarjana Teknik Informatika
Fakultas Informatika
Universitas Telkom
Bandung
2017**

Lembar Pernyataan

Dengan ini Saya menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “Pengawasan Detak Jantung dan Peringatan Aritmia secara Ubiquitous Menggunakan Protokol MQTT” beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya Saya sendiri dan Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, Saya siap menanggung resiko/sanksi yang dijatuhkan kepada Saya apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya Saya ini, atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya Saya ini.

Bandung, 1 Agustus 2017

Yang membuat pernyataan,

Muhammad Alif Akbar
NIM: 1103132163

Lembar Pengesahan

Pengawasan Detak Jantung dan Peringatan Aritmia secara
Ubiquitous Menggunakan Protokol MQTT

*Ubiquitous Heart Rate Monitoring and Arrhythmia Alerting
using MQTT protocol*

Muhammad Alif Akbar
NIM: 1103132163

Tugas Akhir ini diterima dan disahkan untuk memenuhi sebagian dari syarat
untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Informatika
Program Studi Sarjana Teknik Informatika
Fakultas Informatika Universitas Telkom

Bandung, 1 Agustus 2017

Menyetujui,
Pembimbing

Satria Mandala, S.T, M.Sc, Ph.D

NIP: 15731897-3

Mengesahkan,
Kepala Program Studi Teknik Informatika

Ir. Moch. Arif Bijaksana, M.Tech, Ph.D

NIP: 03650312-4

Abstrak

Pada tahun 2015 diperkirakan sebanyak 17,7 juta kematian disebabkan oleh penyakit kardiovaskuler (penyakit jantung). Pada penyakit jantung seringkali ditandai dengan munculnya pola tidak beratur pada detak jantung seseorang. Pola ini dikenal dengan istilah Aritmia. Mengetahui terjadinya pola ini dapat menyelamatkan banyak nyawa. Namun keahlian untuk menganalisis pola detak jantung hanya dimiliki oleh mereka yang telah mengemban pendidikan kesehatan seperti dokter jantung. Pada beberapa penelitian sebelumnya telah dikembangkan berbagai metode pengukuran detak jantung non-invasif dan telah dikembangkan pula metode mendeteksi terjadinya Aritmia. Namun sistem yang ada tidak dapat memberikan peringatan dini ketika Aritmia terjadi. Tugas akhir ini mengusulkan sebuah rancangan sistem pemberian peringatan dini kepada orang terdekat dan atau dokter tentang terjadinya Aritmia.

Kata Kunci: Penyakit Jantung, Aritmia, Peringatan Dini.

Abstract

In 2015 it was estimated that 17.7 million deaths were caused by cardiovascular disease (heart disease). In heart disease is often characterized by the emergence of irregular patterns in the heart rate of a person. This pattern is known as Arrhythmia. Knowing the occurrence of this pattern can save many lives. But the skill to analyze heartbeat patterns is only shared by those who have had health education like heart doctors. In several previous studies, various non-invasive heart rate measurement methods have been developed and a method of detecting the occurrence of arrhythmias has been developed. However, the existing system can not provide early warning when the arrhythmia occurs. This final project proposes an early warning system design to alert the nearest person and or doctor about the occurrence of arrhythmias.

Keywords: Cardiovascular Disease, Arrhythmia, early warning.

Lembar Persembahan

Bismillahirrahmanirrahim, Alhamdulillah, setelah perjalanan sangat panjang penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Dalam perjalanan panjang ini penulis mendapatkan sangat banyak bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih banyak kepada:

1. Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, serta kekuatan untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini, Alhamdulillah.
2. Keluarga saya, Mama Sophia, Bapak Takdir, dan Adik Nanda, yang tidak hentinya mendukung baik secara materi maupun moral, yang tidak hentinya mendoakan dalam sholat malamnya,
3. Bapak Satria Mandala, ST., MSc., PhD selaku pembimbing yang telah meluangkan banyak waktunya untuk memberikan bimbingan, arahan serta tidak pernah bosan untuk mengingatkan penulis untuk tetap fokus. Semoga Allah selalu memberikan kesehatan dan kemudahan kepada Bapak,
4. Ibu Florita Diana Sari SS, MPd dan Bapak Kiki Maulana Adhinugraha S.Kom., M.T., PhD selaku dosen wali yang telah menyambut penulis di awal perkuliahan, yang selalu memberikan arahan dan dukungan kepada penulis untuk dapat mengarungi dunia perkuliahan dengan baik. Semoga bapak dan ibu diberi kesehatan dan kemudahan selalu dari Allah SWT,
5. Para Staf fakultas dan BK, Pak Said, Pak xx, Pak yy, yang senantiasa memberikan dukungan dalam penulis berproses di kampus
6. Dosen-dosen yang telah memberikan ilmunya sehingga Penulis mempunyai pengetahuan lebih dibanding sebelumnya.
7. Kawan-kawan satu pembimbing, Shamila, Salim, Lusi, dan Husna yang telah berbagi derita perjuangan namun tetap saling memotivasi selama Tugas Akhir berlangsung.

8. Kawan-kawan URHUL, Fahmi, Januar, Akbar, Fahri, Faruq, Eka, Bragas, Zidni, Reza, Tesha, Vira, Aida. Terimakasih atas semua kenangan kenangan selama perkuliahan baik yang senang, sedih, dan marah. Semoga untuk kedepannya kalian semua diberi kemudahan dan kesuksesan kedepannya.
9. UKM kedaerahan KBMS dan semua anggotanya, yang menyambut dan membuat penulis selalu merasa memiliki keluarga dan rumah untuk kembali selama jauh dari kampung.
10. Kawan-kawan di Lab Motion, Deas, Devy, Sarah, Adi, Dani, Rizky, Riza, Hanum dan semua anggota yang terlalu banyak untuk disebutkan. Semoga Lab Motion dapat terus berjaya.
11. Kawan-kawan dan Senior di Proclub, Nanda, David, Dean, Caca, Danang, Bagus, Luke, Musa, Ipat, Kak Aul, Kak Wahyu, Kak Byan, Kak Arif, dan Kak Dody yang dengan dorongan mereka penulis dapat mencapai berbagai mimpi selama kuliah
12. Tim BuahBatu, Januar, Kak Taufik, Dede, Pume, Irfa, Fadlu, Ibu Cut, dan Pak Tauhid yang menjadi tim terbaik yang penulis pernah miliki, yang menggapai sangat banyak mimpi bersama, semoga kita semua dapat meraih kesuksesan.
13. Tim Jantung, Shamila, Faida, Qhansa, Mena, Lusi, Husna, dan Hasbi, yang bersama sama penulis menghabiskan uang kampus diakhir perkuliahan.
14. Kawan-kawan liqo Pak Kurniawan, yang bersama mereka penulis dapat meluruskan kembali pikiran, hati dan niat selama berkuliah.
15. Teman-teman kelas IF 37 08, GOIs, Deadliners, dll, yang sudah mengisi hari-hari di masa awal perkuliahan.
16. Semua teman-teman Telkom University dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satupersatu.

Kata Pengantar

Puji syukur atas segala rahmat dan karunia Allah SWT yang telah memberikan kesempatan penulis untuk melaksanakan dan menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Pengawasan Detak Jantung dan Peringatan Aritmia secara Ubiquitous Menggunakan Protokol MQTT” ini, shalawat serta salam senantiasa dihanturkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat sidang Tugas Akhir pada program studi Teknik Informatika Fakultas Teknik Informatika Telkom University.

Penulis menyadari masih ada banyak kekurangan pada Tugas Akhir ini, karena itu kritik dan saran sangat diharapkan dan diterima dengan senang hati agar Tugas Akhir ini menjadi lebih baik lagi. Semoga Tugas Akhir ini memberikan manfaat bagi siapapun yang membaca atau turut meneliti apa yang ada di dalam Tugas Akhir ini.

Akhir kata, penulis meminta maaf sebesar besarnya kepada semua pihak apabila ada kesalahan yang penulis lakukan selama proses pembuatan Tugas Akhir ini baik disengaja atau tidak.

Bandung, 1 Agustus 2017

Penulis,

Muhammad Alif Akbar

NIM: 1103132163

Daftar Isi

Abstrak	i
Abstract	ii
Lembar Persembahan	iii
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vi
Daftar Gambar	viii
Daftar Tabel	ix
I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Hipotesis	3
II Kajian Pustaka	4
2.1 ECG dan PPG	4
2.1.1 Titik Fiducial	4
2.1.2 Pembacaan Sinyal	5
2.2 Aritmia	6
2.2.1 Riset Klasifikasi Aritmia Otomatis	7
2.3 Produk Monitoring Jantung di Pasaran	8
2.4 Node.Js, Mongo.Db dan Express.Js	8
2.5 ESP-12	9
2.6 Protokol MQTT	9
III Metodologi dan Desain Sistem	11
3.1 Metodologi Penelitian	11
3.2 Algoritma	12

IV Hasil dan Pembahasan	14
4.1 Flowchart sistem	14
4.2 Algoritma	15
V Kesimpulan	16
5.1 Flowchart sistem	16
5.2 Algoritma	17
Daftar Pustaka	18
Lampiran	19

Daftar Gambar

2.1	a. Sensor ECG dengan 3 titik timbal; b. Sensor PPG ujung jari; c. Sensor PPG di pergelangan tangan	4
2.2	Sinyal ECG berdasarkan titik fiducial	5
2.3	Sinyal PPG berdasarkan titik fiducial	5
2.4	Perbandingan sinyal ideal PPG dan ECG	6
2.5	Sinkronisasi antara ECG dan PPG	6
2.6	a. Sinyal VF; b. Sinyal PAC; c. Sinyal PVC	7
2.7	a. Jam produksi fitbit; b. Finger clip PPG; c. Portable ECG; d. Heart Rate App; e. Heart Rate App 2	8
2.8	a. Node JS; b. Mongo DB; c. Express	9
2.9	ESP-12E dengan koin 1/4 dollar amerika	9
2.10	Cara kerja MQTT	10
3.1	Caption flowchart	12
4.1	Caption flowchart	14
5.1	Caption flowchart	16

Daftar Tabel

2.1	Street Data	8
-----	-----------------------	---

Bab I

Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

WHO mencatat terjadi sekitar 17,7 juta kematian diakibatkan oleh penyakit jantung (Cardiovascular Diseases, CVDs) di seluruh dunia pada tahun 2015[1]. Bahkan menurut Dinas Kesehatan Republik Indonesia, lebih dari 3 juta kematian akibat penyakit jantung terjadi sebelum usia 60 tahun[2]. Penyakit jantung juga umumnya tidak memiliki gejala sebelum penyakit menyerang[1]. Oleh karena itu, diperlukan *monitoring* (pemantauan) jantung yang dapat dilakukan secara terus-menerus.

Monitoring yang terus-menerus akan mudah dilakukan kepada pasien yang menjalani perawatan intensif di sebuah rumah sakit. Namun tentunya hal tersebut sulit dilakukan kepada pasien yang menjalani rawat jalan. Padahal seseorang yang pernah terkena penyakit jantung akan rawan mengalami serangan baik kecil (tidak berbahaya) maupun besar (berbahaya) dimana saja dan kapan saja.

Telah banyak dikembangkan produk kesehatan untuk melakukan monitoring terus-menerus secara *Ubiquitous* (dimana saja, kapan saja) baik menggunakan *Electrocardiogram* (ECG) dan *Photoplethysmogram* (PPG)[..., ...]. Namun produk-produk tersebut hanya dapat memberitahu jumlah *Beat Per Minute* (BPM, detak jantung tiap menit) dan tidak melakukan perekaman aktivitas jantung. Padahal gambar rekaman jantung dapat menjadi bahan analisis dokter untuk mengidentifikasi penyakit dan merancang pengobatan. Adapun yang dapat melakukan perekaman, rekam jantungnya harus diberikan secara manual kepada dokter pada lain hari. Padahal telah banyak riset yang dapat memberikan kemampuan lebih kepada produk tersebut untuk melakukan deteksi penyakit seperti Aritmia[..., ...], sehingga dapat memberikan peringatan kepada dokter maupun keluarga ketika muncul sebuah serangan.

Aritmia sendiri merupakan salah satu jenis dari CVDs. Umumnya aritmia tidak berbahaya (serangan kecil). Aritmia juga tergolong mudah untuk diidentifikasi berdasarkan gambar rekam jantung seseorang. Walaupun umumnya tidak berbahaya, ketika aritmia sering terjadi dapat menandakan kemunculan serangan besar, contohnya ketika *Premature Ventricular Contraction* (PVC)

terjadi berulang kali dapat menandakan terjadinya serangan besar seperti *Ventricular Tachycardia* (VT) dan *Ventricular Fibrillation* (VF) [...].

Berdasarkan fakta diatas penulis melihat adanya kebutuhan akan pengembangan terhadap sistem monitoring yang telah ada. Oleh karena itu pada tugas akhir ini penulis merancang sistem monitoring dimana sistem juga dapat melakukan perekaman aktivitas jantung, mendeteksi terjadinya aritmia dan memberikan peringatan ketika aritmia terjadi.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan fakta dan permasalahan yang disebutkan pada sub bab 1.1, latar belakang, diatas, dapat disimpulkan beberapa masalah utama yang ingin diselesaikan pada tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Mengapa sistem yang sudah ada tidak memiliki fitur perekaman dan deteksi?
2. Bagaimana membangun sistem monitoring detak jantung yang bersifat ubiquitous dan terus menerus?
3. Bagaimana memberikan kemampuan deteksi terjadinya aritmia?
4. Bagaimana memberikan fitur peringatan ketika aritmia terjadi?

1.3 Batasan Masalah

Untuk membatasi perancangan sistem tugas akhir ini menetapkan batasan sebagai berikut:

1. Sensor dibangun menggunakan PPG dengan kontroller ESP12E;
2. Server dibangun dengan spesifikasi server Processor Intel-i3 (2.3GHz), RAM 6 GB, Storage Samsung SSD EVO 750;
3. Iterkoneksi jaringan menggunakan WiFi;
4. Komunikasi sensor dan server menggunakan protokol komunikasi MQTT;
5. Tidak terdapat hambatan atau masalah komunikasi antara Sensor dan Server;

1.4 Tujuan

Berikut adalah tujuan yang ingin dicapai pada penulisan proposal/TA.

1. Untuk mengetahui mengapa sistem yang sudah ada tidak memiliki fitur perekaman dan deteksi;

2. Untuk merancang sistem monitoring detak jantung yang bersifat ubiquitous dan terus menerus;
3. Untuk memberikan kemampuan deteksi aritmia kepada sistem monitoring;
4. Untuk memberikan fitur peringatan ketika aritmia terjadi.

1.5 Hipotesis

Hipotesis dari tulisan ini adalah

1. Sistem yang telah ada tidak memiliki perekaman dan deteksi karena keterbatasan sumber daya baik processor, memory, dan ram;
2. Dengan memindahkan proses perhitungan dan penyimpanan ke server dapat memungkinkan sistem untuk melakukan pemrosesan lebih besar dan cepat
3. Terdapat fitur yang dimiliki baik oleh ECG maupun PPG sehingga memungkinkan kedua jenis sensor digunakan pada sistem tanpa merubah algoritma klasifikasi
4. Dengan komunikasi menggunakan MQTT akan memungkinkan banyak pihak untuk mendapat peringatan dari sistem ketika terdeteksi Aritmia
5. Dengan melakukan pengujian dapat mengetahui performansi dari sistem yang dirancang

Bab II

Kajian Pustaka

Tugas akhir ini membahas perancangan sistem pengawasan jantung. Untuk mendirikan landasan berfikir, bab ini akan membahas teori dan fakta yang berkaitan dengan perancangan sistem tersebut.

2.1 ECG dan PPG

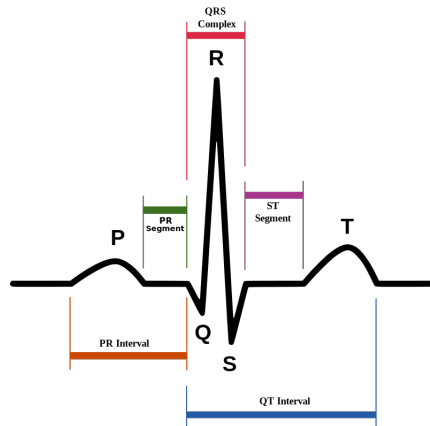
Terdapat 2 jenis sensor yang umum digunakan untuk melakukan *monitoring* jantung, yaitu *Electrocardiogram* (ECG) dan *Photoplethysmogram* (PPG) seperti yang terlihat pada gambar 2.1. Kedua jenis sensor ini menjadi pilihan utama dalam *monitoring* jantung karena keduanya mengusung konsep *non-invasive*. Sensor non-invasive memungkinkan melakukan pengambilan data tubuh tanpa perlu melukai/menusuk bagian tubuh tertentu. Secara umum ECG akan menghasilkan pengukuran lebih akurat dari pada PPG. Namun PPG lebih nyaman digunakan dalam jangka panjang dari pada ECG.



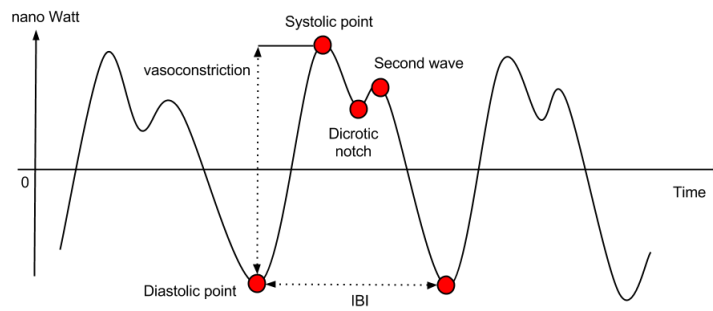
Gambar 2.1: a. Sensor ECG dengan 3 titik timbal; b. Sensor PPG ujung jari; c. Sensor PPG di pergelangan tangan

2.1.1 Titik Fiducial

Sebuah siklus sinyal ECG dapat dilihat menjadi beberapa titik *fiducial* (pembanding) yaitu P-QRS-T, seperti terlihat pada gambar 2.2. Sedangkan siklus sinyal PPG dilihat menjadi siklus Diastolic-Systolic-Dicrotic seperti terlihat pada gambar 2.3



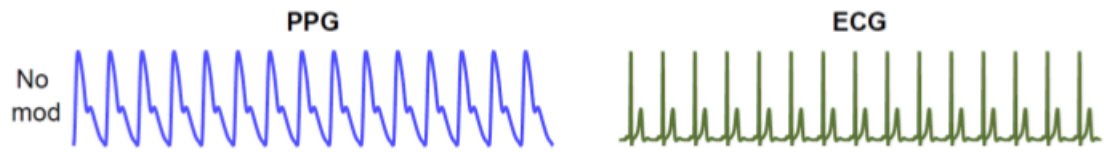
Gambar 2.2: Sinyal ECG berdasarkan titik fiducial



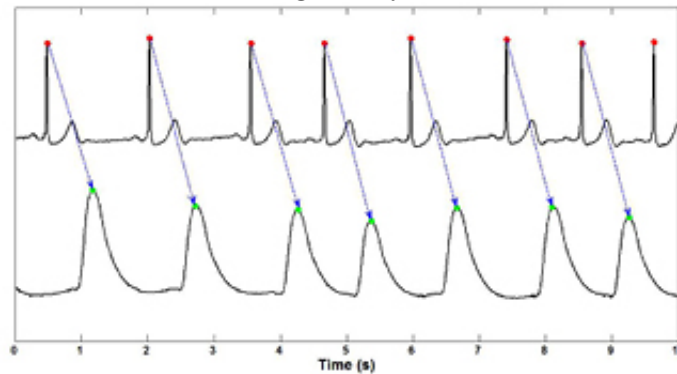
Gambar 2.3: Sinyal PPG berdasarkan titik fiducial

2.1.2 Pembacaan Sinyal

Walaupun kedua jenis sensor dapat digunakan untuk monitor jantung, sinyal yang dihasilkan sedikit berbeda, terlihat pada gambar 2.4 [3]. Secara langsung dapat dilihat sinyal hasil dari PPG dengan ECG berbeda secara morfologi (bentuk). Karena sumber sinyal yang sama (dari jantung) siklus PPG dan ECG dapat disinkronisasi (saling dipetakan) berdasarkan titik R pada ECG dan puncak sistolik pada PPG seperti gambar 2.5 [4]. Perbedaan waktu kemunculan R dan Sistolik dikenal sebagai *Pulse Arrival Time* (PAT). PAT dapat digunakan sebagai parameter mengukur tekanan darah, yang mana tidak dicakup pada tugas akhir ini.



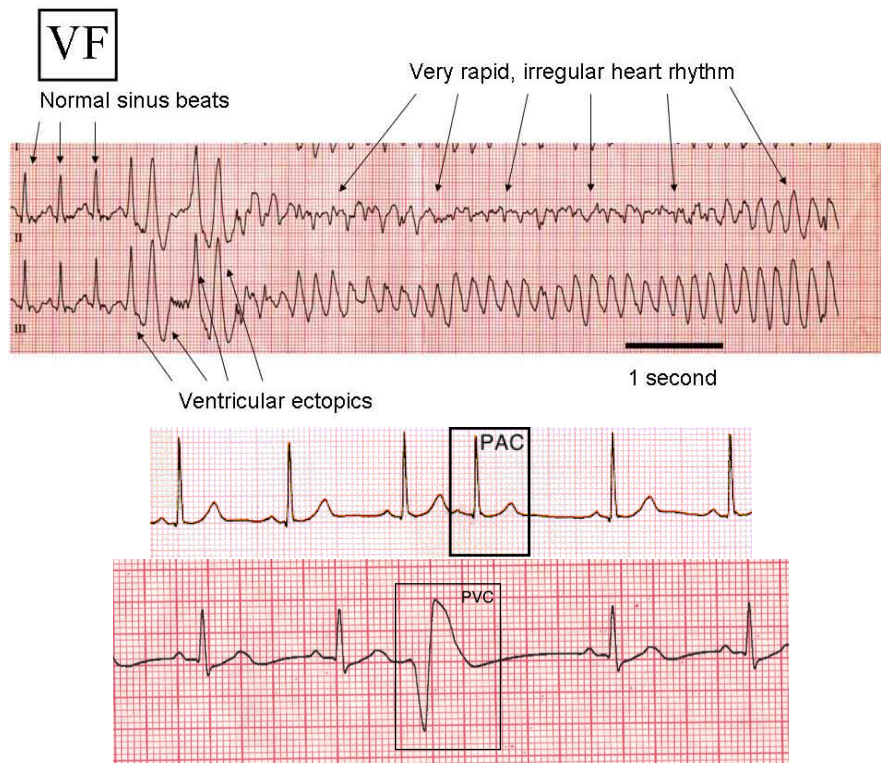
Gambar 2.4: Perbandingan sinyal ideal PPG dan ECG



Gambar 2.5: Sinkronisasi antara ECG dan PPG

2.2 Aritmia

Aritmia adalah kategori gangguan jantung yang berupa irama jantung yang tidak normal. Beberapa penyakit jantung yang tergolong aritmia ialah *Tachycardia* (detak lebih cepat dari normal), *Bradycardia* (detak lebih lambat dari normal), *Premature Atrial Contraction* (PAC), *Premature Ventricular Contraction* (PVC), *Ventricular Tachycardia* (VT), dan *Ventricular Fibrillation* (VF). Contoh kemunculan PAC, PVC dan VF dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6: a. Sinyal VF; b. Sinyal PAC; c. Sinyal PVC

2.2.1 Riset Klasifikasi Aritmia Otomatis

Untuk mengklasifikasikan aritmia seorang dokter perlu melihat hasil rekam jantung seorang pasien baik rekam ECG maupun PPG. Akan sangat melelahkan jika seorang dokter secara terus menerus memeriksa rekam jantung seorang pasien. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah algoritma yang dapat melakukan klasifikasi secara otomatis.

Telah banyak penelitian yang dilakukan untuk melakukan otomatisasi klasifikasi aritmia[xx]. Kini penelitian tersebut telah memiliki keakuratan yang cukup baik, mencapai 90%, dengan berbagai macam metode dan ekstraksi fitur.

Pada tahun xxx, asme asme asem
 Pada tahun xxx, asme asme asem
 Pada tahun xxx, asme asme asem
 Pada tahun xxx, asme asme asem
 Pada tahun xxx, asme asme asem
 Pada tahun xxx, asme asme asem

Judul	Penulis	Fitur	Metode	Hasil
Penemuan bla bla adu adu	Alif Akbar	Titik R	Decisin	90%
Penemuan bla bla adu adu	Alif Akbar	Titik R	Decisin	90%
Penemuan bla bla adu adu	Alif Akbar	Titik R	Decisin	90%

Tabel 2.1: Street Data

2.3 Produk Monitoring Jantung di Pasaran

Meningkatnya kesadaran masyarakat akan penyakit jantung mendorong banyak perusahaan untuk membuat produk *monitoring* jantung. Perusahaan seakan berlomba memproduksi alat monitoring baik yang berstandar medis untuk penggunaan rawat intensif maupun yang tidak berstandar medis untuk penggunaan sehari-hari. Salah satu perusahaan yang ikut memproduksi alat *monitoring* ialah perusahaan raksasa dari Korea, Samsung, yang mengeluarkan "Gear S3" pada tahun 2017 [1]. Selain produk berbentuk alat (*hardware*), produk berbentuk program (*software*) yang hanya memanfaatkan *flash* di kamera *smartphone* sebagai sensor PPG juga banyak ditemukan [xx-xx-xx].



Gambar 2.7: a. Jam produksi fitbit; b. Finger clip PPG; c. Portable ECG; d. Heart Rate App; e. Heart Rate App 2

2.4 Node.js, Mongo.Db dan Express.js

Sebuah sistem monitoring yang dapat berjalan secara Ubiquitous haruslah dibangun dengan konsep *Internet of Things* (IoT). IoT ialah konsep dimana objek objek (Things) dapat saling berinteraksi pada jaringan Internet tanpa membutuhkan manusia. Pada konsep IoT diperlukan setidaknya 3 komponen yaitu Sensor, Server dan Actuator. Sensor berfungsi sebagai pengambil data. Server berfungsi sebagai pengolah data yang menjalankan *web service* (layanan web). Actuator berfungsi sebagai pelaksana keputusan, seperti mengeluarkan suara dan membelokkan/memutus arus listrik.

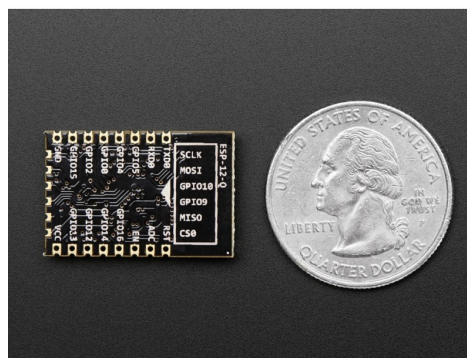
Node.js, Mongo.Db dan Express.js, sesuai urutan, merupakan teknologi Javascript (JS) *runtime*, *Document Db (database)*, dan *Web Framework* berbasis JS. Ketiga hal ini dibutuhkan untuk membangun sebuah web service. Node.js dirancang menggunakan skema *event-driven* dan *non-blocking IO*, sangat sesuai untuk aplikasi *data-intensive real-time* [5]. Node.js juga telah terbukti secara performansi lebih cepat dari bahasa scripting lain seperti PHP, Python, dan Ruby bahkan tidak jauh lambat dibanding bahasa *ter-compile* seperti JAVA, C, dan C++ [6].



Gambar 2.8: a. Node JS; b. Mongo DB; c. Express

2.5 ESP-12

ESP-12 adalah salah satu tipe *System on Module (SoC)* yang diproduksi oleh Espressif dari China. SoC berarti papan sirkuit yang telah terintegrasi oleh sistem tertentu. Kelebihan utama ESP ialah ukurannya yang kecil (16x24x3 mm) tapi dapat berfungsi sebagai controller dan telah dilengkapi modul Wi-Fi. Hal ini memungkinkan komunikasi sensor-server melalui jaringan WiFi tanpa perlu menambah modul jaringan lagi.



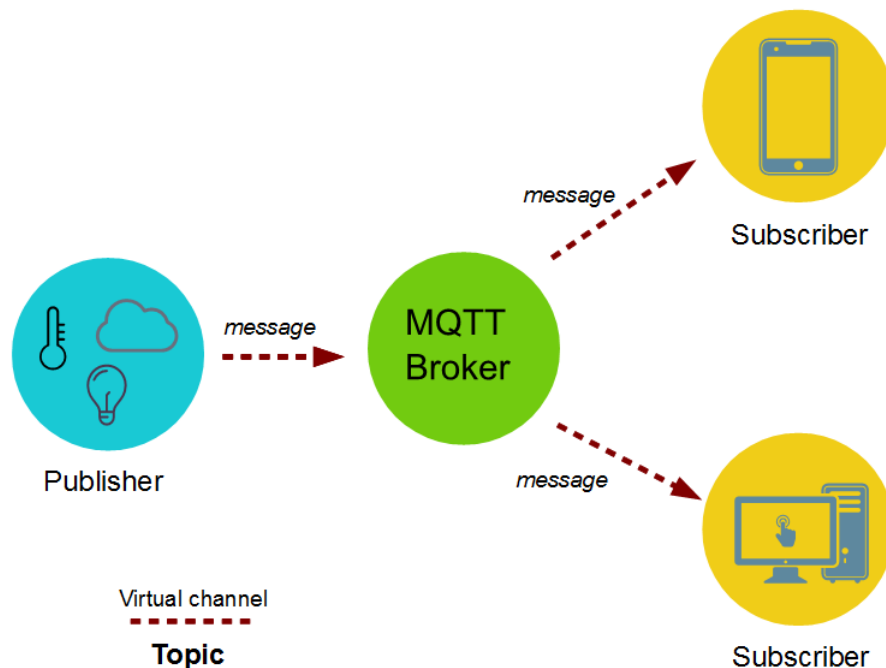
Gambar 2.9: ESP-12E dengan koin 1/4 dollar amerika

2.6 Protokol MQTT

Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) adalah protokol transport dengan skema komunikasi publish dan subscribe. MQTT dirancang menja-

di protokol yang ringan, terbuka dan sederhana. Karakteristik ini membuat MQTT sangat tepat untuk digunakan sebagai protokol komunikasi machine-to-machine (M2M) dan Internet of Things (IoT). Protokol ini menggunakan TCP/IP pada layer transport. Terdapat tiga level Qualities of Service (QoS) dalam penyampaian pesan yaitu:

1. QOS 0 atau “At most once”, dimana pesan dikirim dengan skema *fire-and-forget* yang berarti tidak ada upaya menjamin pesan yang dikirim dapat sampai ke tujuan.
2. QOS 1 atau “At least once”, dimana pesan dikirim dengan jaminan setidaknya pesan sampai sekali ke tujuan. Sehingga memungkinkan terjadinya duplikasi pesan di tujuan akibat pesan yang dikirim ulang dari pengirim.
3. QOS 2 atau “Exactly once”, dimana pesan dikirim dengan jaminan diterima tepat sekali ke tujuan. Sehingga tidak ada pesan yang terduplikasi di tujuan.



Gambar 2.10: Cara kerja MQTT

Bab III

Metodologi dan Desain Sistem

3.1 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam menyelesaikan tugas akhir ini:

1. **Studi literatur**

Pada tahap ini penulis mengumpulkan literatur seperti buku, artikel dan *paper* yang berguna menjadi landasan informasi pada penelitian. Hasil tahap ini ialah fakta dan teori serta masalah yang dihadapi.

2. **Perancangan Sistem**

Pada tahap ini penulis memilah masalah yang dapat diselesaikan berdasarkan fakta dan teori yang telah dikumpulkan. Hasil tahap ini ialah rancangan sistem yang diajukan sebagai solusi.

3. **Persiapan Data Uji**

Pada tahap ini penulis mempersiapkan data yang telah tervalidasi kebenarannya untuk dijadikan input pengujian. Hasil tahap ini ialah dataset yang telah dianotasi.

4. **Implementasi**

Pada tahap ini penulis menerapkan rancangan sistem baik yang berupa *software* maupun *hardware*. Hasil tahap ini ialah *software* dan *hardware* yang dapat berjalan tanpa masalah.

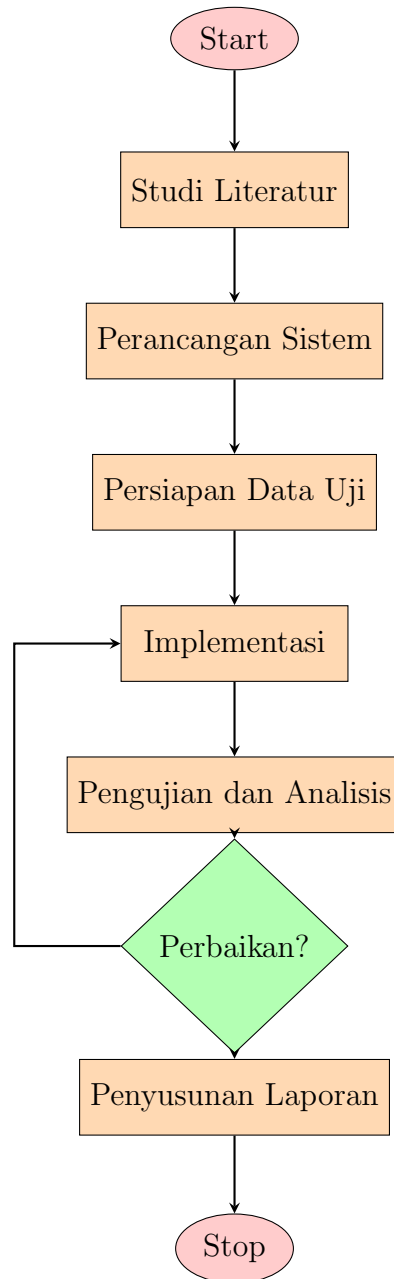
5. **Pengujian dan Analisis**

Pada tahap ini penulis melakukan pengujian terhadap sistem yang dibangun menggunakan data uji dan parameter pengujian. Jika ditemukan ada masalah teknis ataupun kemungkinan melakukan peningkatan performansi maka penulis akan kembali ke tahap implementasi. Hasil tahap ini ialah *software* dan *hardware* dengan konfigurasi terbaik yang ditemukan.

6. **Penyusunan Laporan**

Pada tahap ini penulis melakukan penulisan laporan hasil akhir dari

tugas akhir. Hasil dari tahap ini berupa buku tugas akhir dan jurnal penelitian.



Gambar 3.1: Caption flowchart

3.2 Algoritma

Atau dalam bentuk algoritma seperti contoh pada Algoritma 3 berikut ini:

Algorithm 1 Prosedur simulasi dinamika lalu lintas menggunakan FVDM.

```

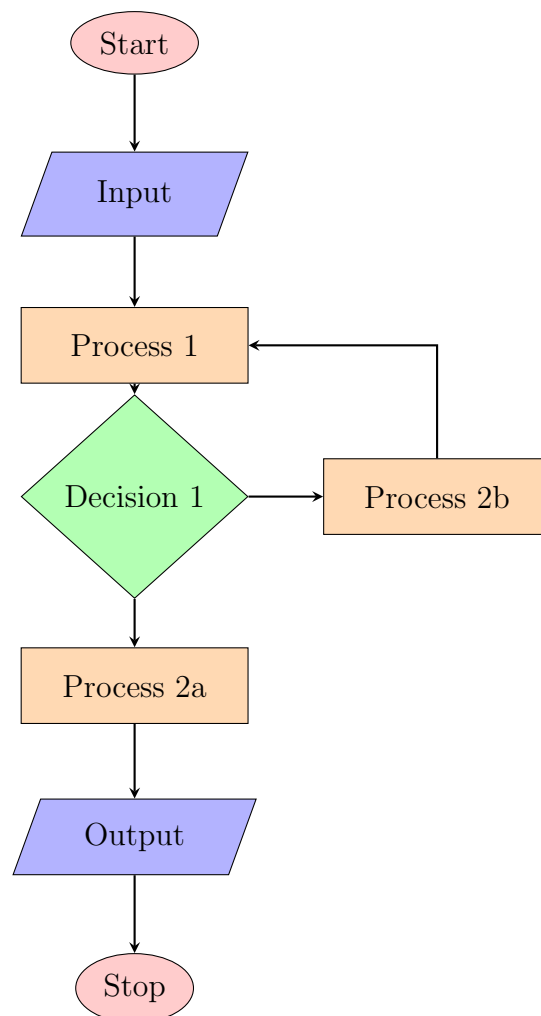
1: procedure FVDM( $T_{final}, \Delta t$ )
2:   Start
3:   For  $n = 1 : N$  do                                     ▷ Pemberian nilai awal
4:     Input nilai  $x[n]$ 
5:     Input nilai  $v[n]$ 
6:   EndFor
7:   time=0
8:   while  $time < T_{final}$  do
9:      $time = time + \Delta t$ 
10:    Hitung jarak bumper menggunakan rumus untuk  $n = 2, \dots, N$ 
11:    If ( $S(n) \leq 0m$ ) then return End If.
12:    Tentukan  $\lambda$  menggunakan.
13:    Hitung kecepatan optimal  $v_o(t)$  menggunakan.
14:    Hitung percepatan  $a_n(time)$  menggunakan .
15:    Hitung kecepatan baru dengan  $v_n(time) = v_n(time - \Delta t) +$ 
       $a_n(time)\Delta t$ .
16:    Hitung posisi baru dengan  $x_n(time) = x_n(time - \Delta t) +$ 
       $v_n(time)\Delta t$ .
17:    If ( $\Delta v \leq 10^{-5} \& \& a_n(time) \leq 10^{-5}$ ) then
18:      OUTPUT Cetak hasil data  $a_n, v_n, x_n$ .
19:    return.
20:    End If.
21:  end while
22:  End
23: end procedure

```

Bab IV

Hasil dan Pembahasan

4.1 Flowchart sistem



Gambar 4.1: Caption flowchart

4.2 Algoritma

Atau dalam bentuk algoritma seperti contoh pada Algoritma 3 berikut ini:

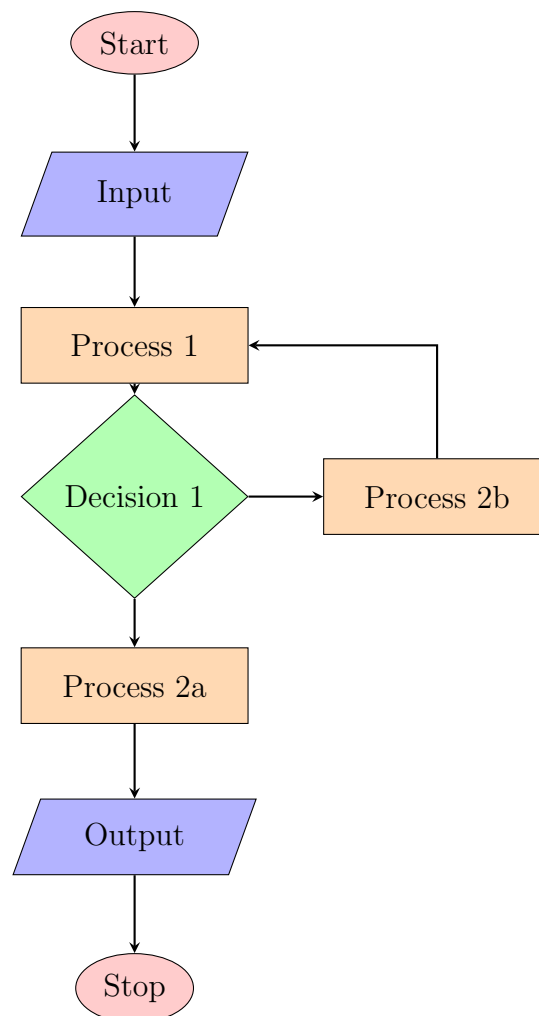
Algorithm 2 Prosedur simulasi dinamika lalu lintas menggunakan FVDM.

```
1: procedure FVDM( $T_{final}, \Delta t$ )
2:   Start
3:   For  $n = 1 : N$  do                                     ▷ Pemberian nilai awal
4:     Input nilai  $x[n]$ 
5:     Input nilai  $v[n]$ 
6:   EndFor
7:   time=0
8:   while  $time < T_{final}$  do
9:      $time = time + \Delta t$ 
10:    Hitung jarak bumper menggunakan rumus untuk  $n = 2, \dots, N$ 
11:    If ( $S(n) \leq 0m$ ) then return End If.
12:    Tentukan  $\lambda$  menggunakan.
13:    Hitung kecepatan optimal  $v_o(t)$  menggunakan.
14:    Hitung percepatan  $a_n(time)$  menggunakan .
15:    Hitung kecepatan baru dengan  $v_n(time) = v_n(time - \Delta t) +$ 
       $a_n(time)\Delta t$ .
16:    Hitung posisi baru dengan  $x_n(time) = x_n(time - \Delta t) +$ 
       $v_n(time)\Delta t$ .
17:    If ( $\Delta v \leq 10^{-5} \&\& a_n(time) \leq 10^{-5}$ ) then
18:      OUTPUT Cetak hasil data  $a_n, v_n, x_n$ .
19:      return.
20:    End If.
21:  end while
22:  End
23: end procedure
```

Bab V

Kesimpulan

5.1 Flowchart sistem



Gambar 5.1: Caption flowchart

5.2 Algoritma

Atau dalam bentuk algoritma seperti contoh pada Algoritma 3 berikut ini:

Algorithm 3 Prosedur simulasi dinamika lalu lintas menggunakan FVDM.

```

1: procedure FVDM( $T_{final}, \Delta t$ )
2:   Start
3:   For  $n = 1 : N$  do                                     ▷ Pemberian nilai awal
4:     Input nilai  $x[n]$ 
5:     Input nilai  $v[n]$ 
6:   EndFor
7:   time=0
8:   while  $time < T_{final}$  do
9:      $time = time + \Delta t$ 
10:    Hitung jarak bumper menggunakan rumus untuk  $n = 2, \dots, N$ 
11:    If ( $S(n) \leq 0m$ ) then return End If.
12:    Tentukan  $\lambda$  menggunakan.
13:    Hitung kecepatan optimal  $v_o(t)$  menggunakan.
14:    Hitung percepatan  $a_n(time)$  menggunakan .
15:    Hitung kecepatan baru dengan  $v_n(time) = v_n(time - \Delta t) +$ 
       $a_n(time)\Delta t$ .
16:    Hitung posisi baru dengan  $x_n(time) = x_n(time - \Delta t) +$ 
       $v_n(time)\Delta t$ .
17:    If ( $\Delta v \leq 10^{-5} \& \& a_n(time) \leq 10^{-5}$ ) then
18:      OUTPUT Cetak hasil data  $a_n, v_n, x_n$ .
19:      return.
20:    End If.
21:  end while
22:  End
23: end procedure

```

Daftar Pustaka

- [1] WHO. (2017). World health organization - fact sheet: Cardiovascular diseases (cvds), [Online]. Available: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/en/>.
- [2] D. Kesehatan, “Situasi kesehatan jantung”, in *Publikasi Data dan Informasi*, 2014.
- [3] M. e. a. Pimentel, “Probabilistic estimation of respiratory rate from wearable sensors”, *Springer International Publishing*, 2015.
- [4] V. Kalidas and L. S. Tamil, “Cardiac arrhythmia classification using multi-modal signal analysis”, *Physiological Measurement*, 2016.
- [5] (2017). Node js, [Online]. Available: <https://nodejs.org/en/>.
- [6] I. Gouy. (2016). The computer language benchmarks game, [Online]. Available: <http://benchmarksgame.alioth.debian.org/>.

Lampiran