

Rancang Bangun Prototipe Sistem Pemantau Kondisi Kesehatan Pasien Berbasis Web

Sri Mulyono¹

Abstract—Prototype web-based health monitoring was constructed to monitor the patient's health remotely in real time. Arduino was used to take physical data from patients and convert it into electronic data then sent to the server by using ethernet shield. Based on the result in the research, it was found that body temperature and pulse of the patients were possibly to display into web page in the form of numbers and graphics within seconds (± 28 seconds). This system also possibly sent alarm information by SMS in seconds (± 62 seconds). This health monitoring system could be accessed from various range of devices such as notebook, Smartphone and any possible devices compatible with flash in the web. The system was also capable of measuring body temperature and pulse rate with no significant difference compared with manual measurements on a 5% significance level ($p > 0,05$). Based on this research, it can be inferred that this health monitoring system can provide real-time and accurate medical information anywhere and anytime.

Intisari—Prototipe pemantau kesehatan berbasis web ini dibangun untuk memantau kesehatan pasien secara jarak jauh dalam waktu nyata (*realtime*). Perangkat keras arduino digunakan untuk mengambil data fisik pasien dan mengubah menjadi data elektronik kemudian dikirimkan melalui perangkat jaringan ethernet shield ke server untuk diolah lebih lanjut. Hasil penelitian data fisik suhu tubuh dan denyut nadi pasien dapat ditampilkan ke halaman web dalam bentuk informasi angka maupun grafik dalam hitungan detik (± 28 detik), sedangkan informasi adanya alarm yang dikirim melalui SMS dapat diterima dalam detik (± 62 detik). Sistem pemantau kondisi kesehatan pasien ini dapat diakses dari berbagai macam perangkat seperti *notebook*, *smartphone* dan perangkat lain yang mendukung aplikasi flash di web. Evaluasi yang dilakukan menunjukkan kemampuan sistem untuk mengukur suhu tubuh maupun denyut nadi dengan tidak ada perbedaan bermakna dibandingkan dengan pengukuran manual pada tingkat signifikansi 5% ($p > 0,05$). Kesimpulan dari penelitian ini adalah Sistem pemantau kesehatan pasien berbasis web dapat memberikan informasi medis dalam waktu nyata, dimana saja, kapan saja dengan hasil pengukuran yang dapat dipertanggungjawabkan.

Kata Kunci— arduino, realtime, sistem pemantau kesehatan.

I. PENDAHULUAN

Pemantauan kondisi kesehatan pasien sangat penting terutama bagi para pasien yang sedang menderita penyakit kronis atau pasien yang telah menjalani operasi karena pada masa tersebut merupakan masa kritis bagi pasien. Pemantauan tersebut biasanya dilakukan di ruang ICU (*Intensive Care Unit*)

selama 24 jam secara terus menerus. Hal tersebut kebanyakan hanya dilakukan di rumah sakit-rumah sakit besar selain karena peralatan yang digunakan relatif mahal juga membutuhkan tenaga medis yang memadai baik dari segi jumlah maupun mutu.

Di rumah sakit besarpun kadangkala ruang ICU tidak mampu menampung jumlah pasien yang sangat banyak, sedangkan di ruang rawat inap pemantauan kondisi pasien masih dilakukan secara manual antara lain pengukuran suhu tubuh (*temperature*), pengukuran denyut nadi, pengukuran tekanan darah (*tensi*) dan lain-lain, sehingga dapat mengurangi efektifitas pemeriksaan. Petugas kesehatan atau perawat harus mencatat hasil pengukuran tersebut, menggambar grafik untuk menunjukkan perkembangan kondisi pasien kemudian melaporkan ke pihak dokter yang merawat pasien saat melakukan kunjungan (*visite*). Kondisi pelayanan kesehatan di daerah tentunya tidak lebih baik dari kondisi pelayanan di rumah sakit di kota besar seperti digambarkan di atas. Perkembangan TIK yang pesat dapat dimanfaatkan untuk membantu mengatasi permasalahan di atas. Bagaimana agar dokter tetap dapat memantau kondisi pasien meskipun saat tidak melakukan kunjungan pasien, dimana saja dan kapan saja (*anywhere anytime*). Dokter dapat melihat secara visual perkembangan kondisi pasien, dan dapat segera menganalisis informasi tersebut tanpa menunggu laporan dari perawat dan dalam waktu nyata (*real time*) serta informasi yang dihasilkan dapat dipercaya (*accurate*).

Beberapa hasil penelitian mengenai cara melakukan pemantauan kondisi kesehatan jarak jauh telah banyak ditulis dalam jurnal maupun tesis, seperti ditunjukkan pada Tabel I. Para peneliti yaitu Paulo Goncalves [1], S. Nourizadeh [2], Wei Chen [3] dan M. Kasim [4] melakukan penelitian dengan fokus yang berbeda-beda baik pada obyek, lokasi, sensor, transmisi, display output dan aplikasi yang digunakan.

Sistem yang dibangun pada penelitian ini ditujukan untuk pasien yang bersifat umum atau pasien-pasien yang membutuhkan perhatian / pantauan seperti yang dirujuk oleh dokter. Sensor yang digunakan untuk pengukuran suhu tubuh menggunakan IC DS18B20 [5] yang dapat dirangkai secara paralel dengan metode *oneWire* [6], yang akan memudahkan penambahan perangkat serta lebih efisien. Pada transmisi data akan digunakan protokol TCP/IP serta *display output* menggunakan *screen* monitor dengan aplikasi berbasis web.

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

- Menghasilkan prototipe alat pemantau kesehatan pasien yang dapat diakses dimana saja, kapan saja (*anywhere anytime*).
- Menghasilkan prototipe yang dapat memberikan informasi medis dalam waktu nyata (*real time*)
- Menghasilkan informasi medis yang dapat dipercaya / akurat (*accurate*).

¹Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri Unissula Jalan Kaligawe Km. 4 50112 Semarang INDONESIA (e-mail: sri_m8@yahoo.com)

TABEL I
IKHTISAR PENELITIAN

Peneliti	Paulo Goncalves dkk	S. Nourizadeh dkk	Wei chen dkk	M Kasim dkk	Penelitian ini
Tahun	2009	2009	2009	2011	2013
Obyek	lansia, penyandang cacat	pasien resiko tinggi, lansia, orang2 yang membutuhkan perhatian	Bayi	Umum	umum
Lokasi	lingkungan rumah	Rumah	ruang Neonatal Intensive Care Unit (NICU)	Room	puskesmas, daerah pasca bencana
Sensor	temperatur, oxymeter, 3 axis accelerometer	Body sensor Network, Environmental Sensors dan Home automation sensors network (temperature, humidity, movement, acoustics, camera)	prototipe : 1 temperature sensor 2 light dependent resistor	prototipe : sensor temperatur LM35	prototipe: 1. sensor temperatur DS18B20 (OneWire) 2. denyut nadi pulse sensor
Transmisi	Wireless	TCP/IP	Wireless blue-SMIRF	Serial	TCP/ IP
Display output	screen monitor	screen monitor	screen monitor	screen monitor	screen monitor PC, notebook, smartphone
Aplikasi	web	web, client-server		web based VB	web based

II. METODOLOGI

Permasalahan yang dikaji pada penelitian ini adalah merancang sebuah prototipe sistem pemantau kondisi kesehatan pasien berbasis web. Rancangan sistem yang dibuat diharapkan dapat meningkatkan kualitas layanan.

A. Jalan Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan langkah-langkah yang meliputi:

- 1) Studi literatur.
- 2) Analisis sistem yang ada.
- 3) Perancangan Sistem.
- 4) Identifikasi kebutuhan user.
- 5) Proses Bisnis dan identifikasi aktor.
- 6) Pembuatan *Usecase*.
- 7) Pembuatan *Data Flow Diagram (DFD)*.
- 8) Pembuatan *Relationship Diagram (ERD)*.
- 9) Pembuatan modul akuisisi data
- 10) Pembuatan modul sistem informasi *web based*
- 11) Pembuatan modul SMS gateway
- 12) Pengujian sistem dan tes skenario.
- 13) Analisis hasil pengujian dan membuat kesimpulan.

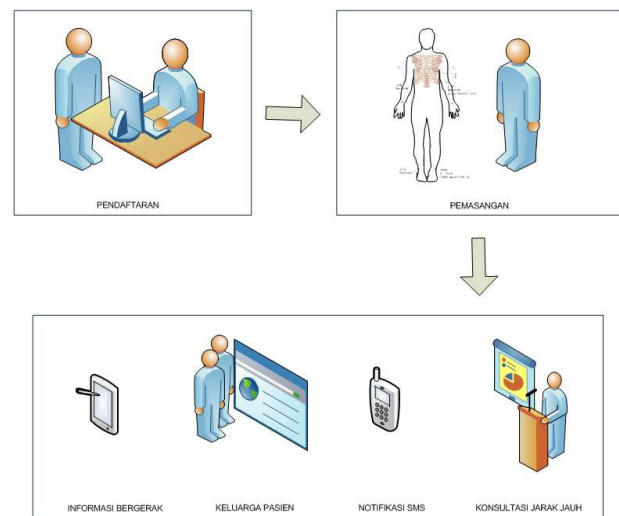
B. Identifikasi Kebutuhan User

Dari hasil analisis sistem kebutuhan *user* adalah sebagai berikut :

- 1) Adanya suatu perangkat yang dapat memantau kondisi pasien selama 24 (dua puluh empat) jam sehari.
- 2) Informasi kondisi pasien dapat diakses dari mana saja, kapan saja (*anywhere, anytime*) sehingga dokter tidak harus berada di ruang monitor pasien, tapi dapat mengakses dari lingkungan rumah sakit atau bahkan dari tempat tinggal dokter.
- 3) Hak akses selain diberikan pada dokter dapat juga diberikan pada *user* yang lain seperti perawat atau keluarga pasien sesuai aturan dan *priviledge*.

- 4) Informasi yang ditampilkan antara lain tanda vital tubuh [7], yang pada prototipe ini informasi yang ditampilkan adalah suhu tubuh dan denyut nadi.
- 5) Informasi yang diberikan dapat memberikan gambaran kondisi saat itu atau dalam waktu nyata (*real time*).
- 6) Informasi medis yang diberikan dapat dipercaya/ akurat (*accurate*).
- 7) Bila hasil pengukuran kondisi pasien ada yang diluar batas yang diijinkan sistem dapat memberikan informasi kepada *user*.
- 8) Aplikasi dirancang agar mampu memantau kondisi pasien yang memiliki penyakit kritis yang mengancam jiwa, atau setelah mengalami suatu prosedur pembedahan besar, sehingga membutuhkan 24 (dua puluh empat) jam perawatan dan pemantauan.

C. Alur Penggunaan Sistem dan Identifikasi Aktor.



Gbr. 1 Alur penggunaan sistem

Alur penggunaan sistem yang dilakukan seperti ditunjukkan pada Gbr. 1. Proses dimulai dengan pendaftaran di bagian depan, kemudian dokter memeriksa terlebih dahulu apabila diperlukan rawat inap dan diperlukan pemantauan maka pasien akan masuk ke ruang rawat inap. Kemudian perawat akan memastikan bahwa data pasien sudah ada di dalam *database*. Bila sudah lengkap maka perawat akan memasang perangkat ke tubuh pasien. Informasi kondisi akan ditampilkan di aplikasi berbasis web yang dapat dipantau oleh tenaga ahli medis dimanapun. Dengan informasi tersebut perawat juga dapat melakukan konsultasi secara jarak jauh. Prototipe sistem dilengkapi pula dengan sistem alarm yang akan memberikan informasi lewat sms kepada tenaga ahli medis / dokter yang berhak apabila kondisi pasien melampaui batas normal yang sudah ditetapkan.

Keluarga pasien juga dapat memantau melalui web untuk pasien tertentu tanpa harus masuk ke dalam ruangan yang dapat mengganggu pasien yang perlu istirahat yang cukup serta mencegah masuknya kuman dari luar yang dibawa pengunjung yang dapat mengakibatkan infeksi bagi pasien.

Identifikasi aktor ditunjukkan seperti pada Tabel II. Aktor-aktor yang berperan dalam sistem ini antara lain administrator, dokter, perawat dan keluarga pasien.

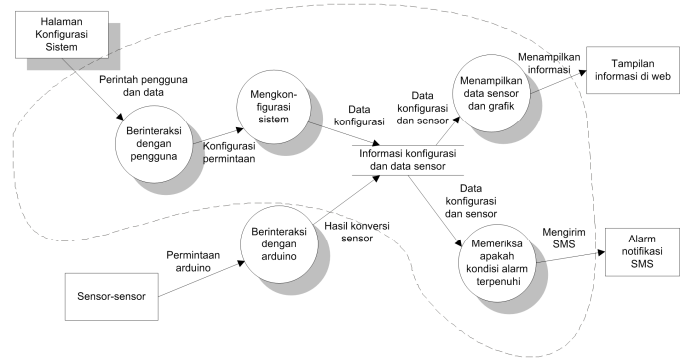
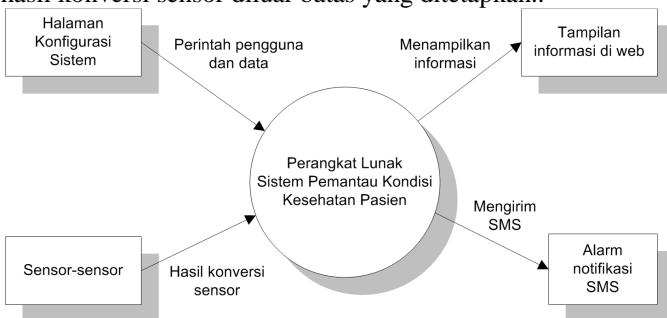
TABEL II
IDENTIFIKASI AKTOR

Aktor	Deskripsi
Administrator	Individu yang berperan dalam manajemen sistem secara keseluruhan baik hubungannya dengan pengguna sistem maupun data sistem.
Dokter	Individu yang tidak memiliki hak akses untuk mengatur manajemen sistem, tetapi dapat melihat tampilan informasi pada semua pasien yang disediakan oleh sistem.
Perawat	Individu yang memiliki hak akses untuk mengatur manajemen sistem, dan dapat melihat tampilan informasi pada semua pasien yang disediakan oleh sistem.
Keluarga Pasien	Individu yang tidak memiliki hak akses untuk mengatur manajemen sistem, dan hanya dapat melihat tampilan informasi pada pasien tertentu yang disediakan oleh sistem.

D. Data Flow Diagram (DFD)

Data Flow Diagram (DFD) merupakan representasi grafik dari sebuah sistem, yang meliputi komponen-komponen dari sistem, aliran data, asal, tujuan dan penyimpanan dari data tersebut. DFD pada dasarnya digambarkan dalam bentuk hierarki [8]. Yaitu, DFD yang pertama (sering dinamakan sebagai DFD peringkat 0 atau diagram konteks) menggambarkan sistem secara keseluruhan. DFD-DFD berikutnya sesungguhnya merupakan penghalusan dari diagram konteks, memberikan gambaran yang semakin rinci dari diagram konteks, dan hal ini akan berlanjut ke peringkat-peringkat selanjutnya. Pada Gbr. 2 ditunjukkan DFD Level 0 yang dapat dijelaskan sebagai berikut.

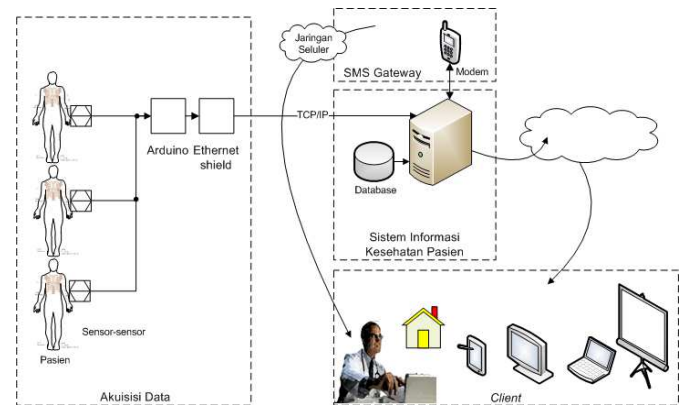
DFD peringkat 0 (diagram konteks) memperlihatkan perangkat lunak/ sistem pemantau kondisi kesehatan pasien sebagai suatu gelembung tunggal. Masukan (*input*) berupa halaman konfigurasi sistem dan sensor-sensor. Sedangkan keluaran (*output*) berupa tampilan informasi di web dan alarm notifikasi SMS. Fungsi sistem pemantau kondisi kesehatan pasien memungkinkan pengguna untuk melakukan konfigurasi terhadap sistem, memungkinkan pengguna memantau kondisi kesehatan pasien melalui tampilan informasi di web berdasarkan data hasil konversi sensor. Pengguna juga akan menerima notifikasi SMS bila data dari hasil konversi sensor diluar batas yang ditetapkan..



Gbr. 2 DFD Penelitian.

E. Rancangan Sistem Keseluruhan

Rancangan sistem secara keseluruhan ditunjukkan seperti pada Gbr. 3. Rancangan digambarkan dalam blok-blok diagram antara lain : akuisisi data, sistem informasi kesehatan pasien, SMS gateway dan client. Blok akuisisi data berfungsi untuk mengambil data dari pasien dengan perangkat yang digunakan antara lain sensor suhu, sensor denyut nadi, arduino dan ethernet shield.



Gbr. 3 Rancangan Sistem Keseluruhan

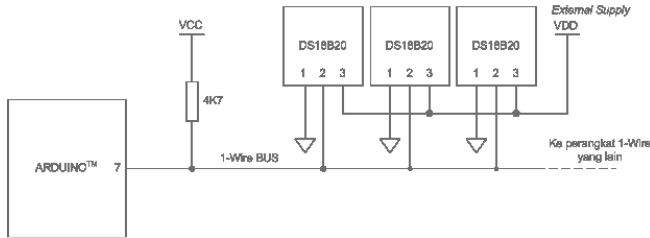
Prototipe sistem pemantau kesehatan pasien berbasis web ini dibangun menggunakan perangkat keras berbasis arduino [9] yang dilengkapi ethernet shield dan perangkat lunak berbasis web. Perangkat keras arduino digunakan untuk mengambil data fisik pasien dan mengubah menjadi data elektronik dan dikirimkan ke server melalui perangkat jaringan ethernet shield untuk diolah lebih lanjut. Pengambilan data fisik pasien berupa suhu digunakan sensor DS18B20 [5], sedangkan denyut nadi digunakan sensor pulsesensor [10]. Perangkat lunak berbasis web yang dibangun menggunakan framework codeigniter [11] dan penampil grafik PHP/SWF Charts [12] digunakan untuk mengolah data menjadi informasi medis yang siap saji dalam bentuk angka maupun grafik. Informasi ini bisa diakses melalui jaringan berbasis web kapan saja dan dimana saja oleh pihak tenaga medis dan pihak pasien yang berhak.

SMS gateway digunakan untuk mengirimkan pesan notifikasi kepada pengguna yang mempunyai hak untuk menerima informasi bilamana kondisi pasien berada diluar batas normal. SMS gateway yang digunakan adalah Gammu

SMSD [13].Pesan akan dikirim melalui jaringan seluler menggunakan modem *usb*.

F. Pembuatan Modul Akuisisi Data

Rangkaian sensor suhu menggunakan IC DS18B20 dengan mode catu daya normal (*normal power*) seperti ditunjukkan pada Gbr. 4. Jalur *OneWire* dihubungkan pada pin 7 arduino.



Gbr. 4 Rangkaian Sensor Suhu

Sedangkan program arduino dibuat berdasarkan diagram alir seperti ditunjukkan pada Gbr. 5 yang terdiri dari tiga bagian yaitu bagian deklarasi variabel, bagian *setup*, dan bagian *loop*. Pada bagian deklarasi library yang harus dimasukkan adalah *SPI*, *Ethernet*, *Client*, *DallasTemperature* dan *OneWire*. Pada bagian ini juga dideklarasikan pin-pin arduino yang digunakan serta *setting ethernet* seperti alamat ip, *port*, alamat *hardware* dan alamat *client*.

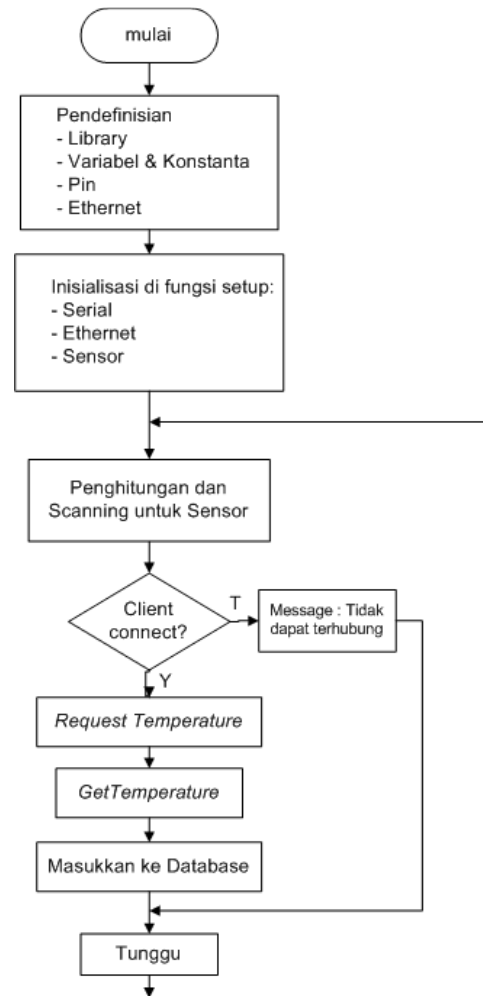
Pada bagian *setup* dituliskan kode program yang melakukan *inialisasi* beberapa perangkat seperti *serial*, *ethernet*, sensor dan fungsi-fungsi yang dipanggil oleh main program.

Resolusi sensor dipasang menggunakan ketelitian 12 bit. Resolusi bit ini mempengaruhi waktu proses konversi suhu. Semakin tinggi resolusi bit waktu yang dibutuhkan proses konversi suhu akan semakin lama. Sebagai contoh resolusi 12 bit waktu yang dibutuhkan untuk konversi suhu 750 ms. Tabel hubungan resolusi bit dengan waktu konversi ditunjukkan seperti Tabel III.

TABEL III
RESOLUSI BIT DAN WAKTU KONVERSI [5]

R1	R0	RESOLUTION (BITS)	MAX CONVERSION TIME
0	0	9	93.75ms (t _{CONV} /8)
0	1	10	187.5ms (t _{CONV} /4)
1	0	11	375ms (t _{CONV} /2)
1	1	12	750ms (t _{CONV})

Pada bagian *loop* dituliskan kode program utama. Bagian ini akan berjalan terus-menerus melakukan proses seperti yang sudah dirancang pada diagram alir yaitu mengecek sensor, mengecek *client*, meminta data sensor kemudian menuliskannya ke dalam *database*.



Gbr. 5 Diagram Alir Program Arduino

G. Pembuatan Modul Sistem Informasi Web based

Pembuatan sistem informasi *web based* ini menggunakan *framework codeigniter*. Dengan tampilan informasi grafik menggunakan *PHP/SWF Charts* [12]. Langkah-langkah pembuatan modul ini dijelaskan sebagai berikut.

- 1) Memasang *Xampp* [14].
- 2) Membuka dan menyalin file *CodeIgniter_1.7.2.zip* di direktori *c:\xampp\htdocs*.
- 3) Mengubah nama direktori *CodeIgniter_1.7.2* menjadi *ehealth*.
- 4) Meletakkan file-file *Charts* di direktori *ehealth*.
- 5) Melakukan konfigurasi ulang pada file-file *autoload.php*, *config.php*, *database.php* dan *routes.php*
- 6) Membuat tabel-tabel di *database ehealth*.
- 7) Melakukan pembuatan kode program.
- 8) Melakukan uji coba pada masing-masing menu dan tampilan grafik.

Kode program dibuat dengan menggunakan *php*, untuk menampilkan informasi di web data yang akan ditampilkan dihasilkan dari *querydatabase*. Hasil *query* kemudian

ditampilkan dalam bentuk grafik garis dengan bantuan pemroses grafik PHP/SWF *Charts*. Proses ini kemudian diulang atau dilakukan *update* setiap detik.

H. Pembuatan Modul SMS Gateway

SMS gateway yang digunakan adalah Gammu SMSD [13]. Pada prinsipnya bila sistem akan mengirim pesan, data-data yang akan dikirim dimasukkan ke dalam tabel *outbox* kemudian *service gammu* akan mengirimkannya lewat *modem usb*. Untuk memasang *service Gammu SMSD* ini dilakukan langkah-langkah sebagai berikut.

- 1) Membuka file *gammu.rar* ke direktori aplikasi web dipasang yaitu di `c:\xampp\htdocs\ehhealth\gammu`.
- 2) Melakukan konfigurasi ulang pada file *gammurc* untuk *setting com port* dan *speed*.
- 3) Melakukan konfigurasi ulang pada file *smsdrc* untuk *setting database*.
- 4) Membuat tabel-tabel di *database ehhealth*.
- 5) Membuat *service gammu*.
- 6) Mengaktifkan *service* tersebut.
- 7) Melakukan uji coba *service gammu*.

I. Pengujian Sistem dan Tes Skenario.

Untuk melakukan pengujian sistem dan tes skenario dilakukan langkah-langkah berikut:

- 1) Menghubungkan rangkaian pengujian dengan topologi seperti diagram pada Gbr. 6.
- 2) Mengecek dan menyamakan waktu antara komputer, *web server* dan *database MySQL*
- 3) Menghubungkan perangkat *client* ke jaringan *wireless router* alamat ip 198.168.1.1 dengan *SSID (Service Set Identifier) ehhealth*
- 4) Memasang DHCP *wireless router* pada posisi *enable*.
- 5) Mengecek koneksi dari *Local Area Connection server* ke modul akuisisi data yaitu dengan melakukan ping dari *server* alamat ip 192.198.0.5 ke modul akuisisi data alamat ip 192.168.0.7.
- 6) Mengecek koneksi *Wireless Network Connection* dari server aplikasi ke *notebook* ke dengan melakukan ping dari *server* aplikasi, alamat ip 192.168.1.3 ke alamat ip *notebook*. alamat ip *notebook* dilihat terlebih dahulu karena ip dinamis.
- 7) Mengecek koneksi dari *Wireless Network Connection* dari server aplikasi ke *smartphone* dengan melakukan ping dari *server* aplikasi, alamat ip 192.198.1.3 ke ip *smartphone*. alamat ip *smartphone* dilihat terlebih dahulu karena ip dinamis.
- 8) Mengecek modul *arduino* dengan membuka serial monitor dari IDE *arduino*.
- 9) Mengecek *database* dengan bantuan aplikasi *phpmyadmin* dengan cara membuka tabel-tabel yang berisi data suhu dan denyut nadi apakah terisi dengan baik.

- 10) Memeriksa halaman *web* dari *notebook* dan *smartphone* melalui browser menuju alamat `http://192.168.1.3/ehhealth`.
- 11) Membuka menu-menu sistem informasi dan mengujinya.
- 12) Mencatat waktu proses pada masing-masing bagian.
 - a. Pada bagian akuisisi data mencatat waktu proses dari saat pengukuran oleh sensor sampai hasil data disimpan di *database*,
 - b. Pada bagian aplikasi web mencatat waktu proses dari saat pengambilan data di *database* hingga ditampilkan di *web*.
 - c. Pada bagian SMS gateway mencatat waktu proses dari saat data masuk ke database sampai informasi diterima pengguna.
- 13) Melakukan evaluasi data atas hasil pengujian sistem.
- 14) Evaluasi pada hasil pengukuran sistem dilakukan menggunakan uji signifikansi t test untuk membandingkan hasil pengukuran sistem dengan pengukuran manual. Nilai t hitung didapatkan dari “(1)”. Nilai t tersebut dapat juga didapatkan dari rumus statistik yang ada pada *Excell*. Pengujian t test tersebut menggunakan tingkat signifikansi 5%.

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{s \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (1)$$

n_1 dan n_2 adalah banyaknya data dari sampel 1 dan 2

s adalah pooled standard deviation, didapatkan dari “(2)”.

$$s^2 = \frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{(n_1+n_2-2)} \quad (2)$$

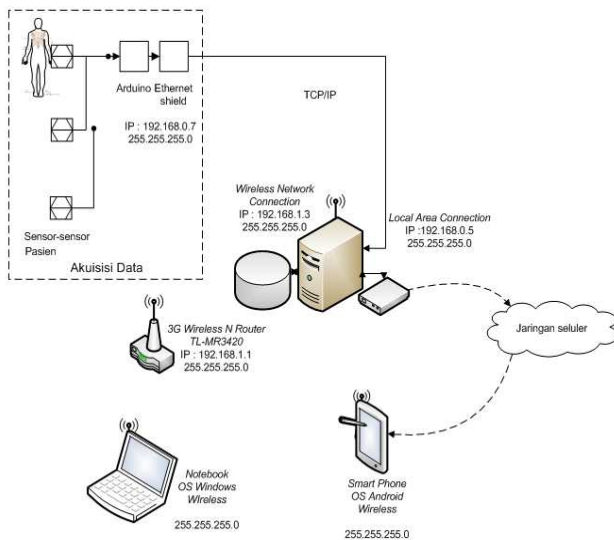
df adalah derajat bebas (*degree of freedom*) = $(n_1 + n_2 - 2)$

III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.

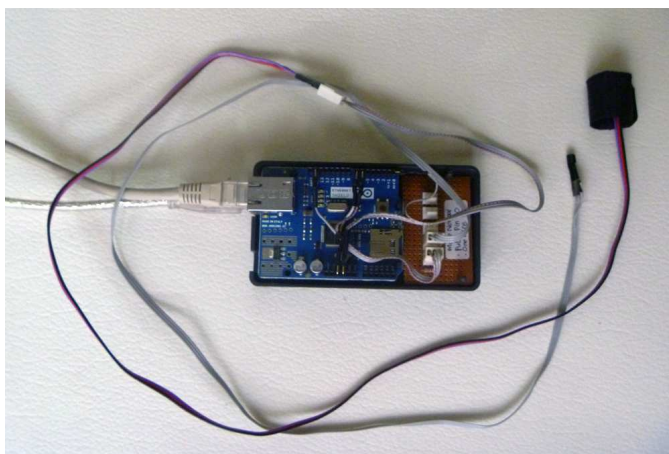
A. Hasil Pengujian Akses Informasi dalam Waktu Nyata.

Pada pengujian ini dilakukan dengan kondisi sebagai berikut.

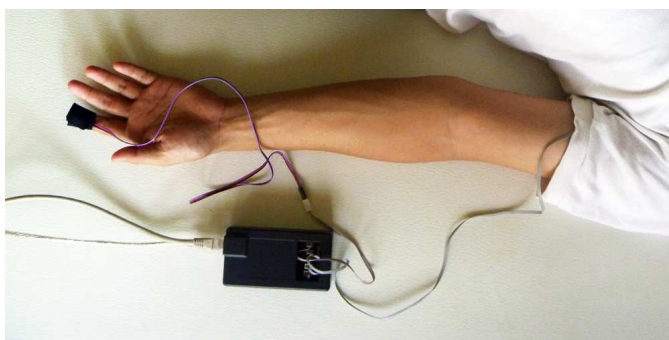
- 1) Sensor suhu DS18B20 dipasang dengan menggunakan resolusi ketelitian 12 bit.
- 2) Serial *arduino* dipasang dengan kecepatan 9600 bps.
- 3) Pemasangan perangkat dengan topologi jaringan seperti ditunjukkan pada Gbr. 6.
- 4) Hubungan perangkat *arduino*, *ethernet shield* dan sensor ditunjukkan seperti pada Gbr. 7.
- 5) Pemasangan perangkat di tubuh pasien ditunjukkan seperti pada Gbr. 8. Sensor denyut nadi dipasang di ujung jari, sensor suhu diletakkan di ketiak.



Gbr. 6 Diagram pen gujian Sistem.



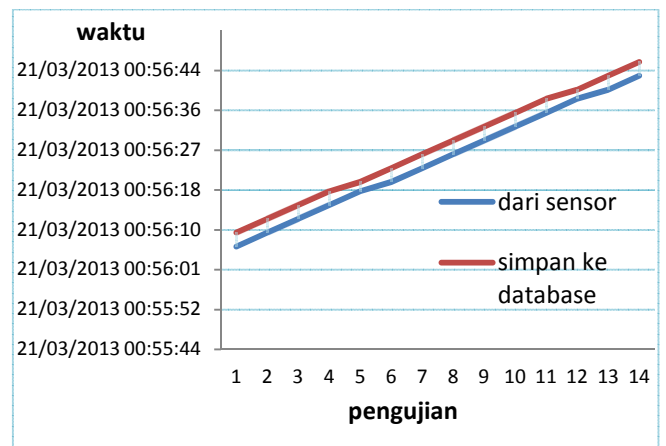
Gbr. 7 Hubungan Perangkat Arduino, Ethernet Shield dan Sensor.



Gbr. 8 Pemasangan Perangkat di Tubuh Pasien

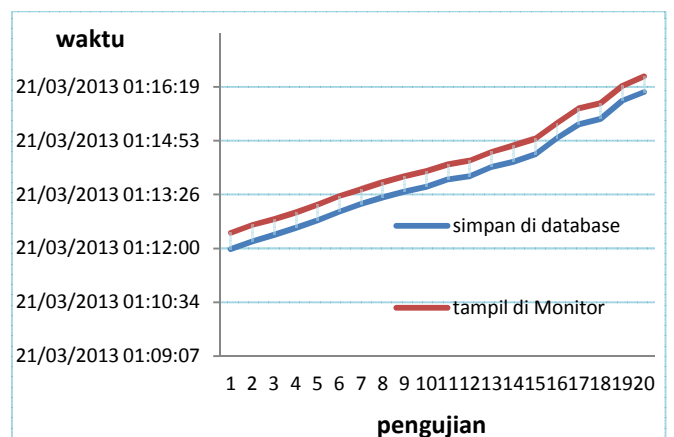
Dari hasil pengujian didapatkan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk proses pengambilan data dari fisik pasien sampai masuk ke dalam *database* rata-rata 3 detik.

Hasil pengujian digambarkan dengan grafik seperti ditunjukkan pada Gbr. 9.



Gbr. 9 Grafik Perbandingan Waktu antara Saat Data Fisik Diambil Sensor dengan Saat Data Disimpan ke Database

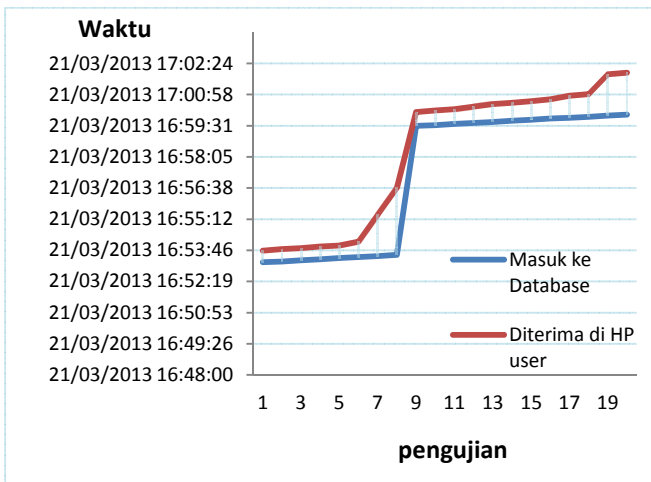
Sedangkan waktu yang dibutuhkan untuk proses penampilan informasi dari database sampai layar monitor ditunjukkan seperti pada Gbr. 10. Pada pengujian ini didapatkan hasil bahwa waktu yang dibutuhkan rata-rata 25 detik. Sehingga total waktu yang dibutuhkan dari proses pengambilan data dari fisik pasien sampai sampai layar monitor rata-rata 28 detik.



Gbr. 10 Grafik Perbandingan Waktu antara Saat Data Disimpan di Database dengan Saat Informasi Tampil di Monitor.

B. Hasil Pengujian Pengiriman Pesan adanya Alarm melalui SMS Gateway

Hasil pengujian pengiriman pesan SMS karena adanya alarm, disimulasikan dengan membuat sensor suhu menghasilkan data melebihi dari 39 °C hingga timbul alarm. *Trigger* database memasukkan informasi pesan adanya alarm ke tabel outbox yang kemudian memicu *SMS gateway* untuk mengirimkannya ke *handphone* pengguna. Waktu saat sistem memasukkan ke tabel outbox dan waktu saat informasi alarm tersebut diterima pengguna dicatat dan hasilnya seperti ditunjukkan pada Gbr. 11. Pada pengujian ini didapatkan hasil bahwa waktu yang dibutuhkan untuk mengirim pesan alarm rata-rata 62 detik.

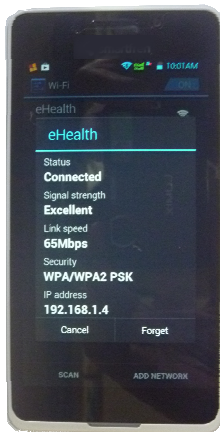


Gbr. 11. Grafik Perbandingan Waktu antara Saat Informasi Alarm Masuk ke Database dengan Saat Informasi Diterima Pengguna.

C. Hasil Pengujian Akses Informasi dari perangkat bergerak.

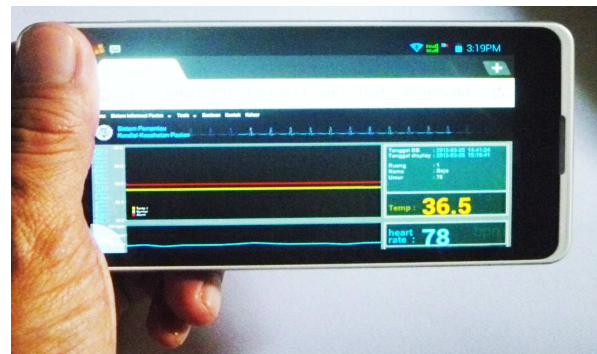
Dalam pengujian akses informasi dari perangkat bergerak (*mobile*), dilakukan pengujian dengan menggunakan *smartphone* melalui jaringan *wireless SSID ehealth* dengan kondisi:

- 1) Pemasangan perangkat dengan topologi jaringan seperti ditunjukkan pada Gbr. 6.
- 2) *Setting DHCP server Wireless Router enable*.
- 3) Setelah melakukan koneksi ke *SSID eHealth Smart phone* mendapatkan ip 192.168.1.4 seperti ditunjukkan pada Gbr. 12.
- 4) Tampilan grafik dan angka di web menggunakan aplikasi *flash*, sehingga browser yang ada di perangkat bergerak harus mendukung aplikasi *flash* juga.



Gbr. 12 Ip Smartphone

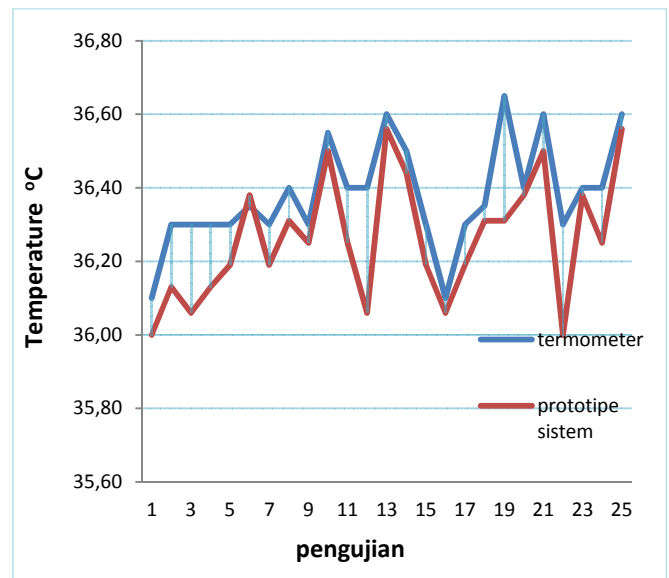
Dengan kondisi tersebut diatas kemudian *Smartphone* mengakses lewat browser pada alamat *web server* <http://192.168.1.3/ehealth/>. Setelah melakukan *login* pengguna dapat mengakses menu-menu di sistem pemantau kondisi kesehatan pasien. Pengguna dapat melakukan pemantauan dari jarak jauh dengan masuk ke menu monitor. Tampilan informasi grafik dan angka dapat berjalan dengan baik di perangkat ini seperti terlihat pada Gbr. 13.



Gbr. 13 Akses Informasi dari Perangkat Bergerak.

D. Hasil Pengujian Akurasi Informasi

1) *Suhu*: Dari hasil perbandingan pengukuran suhu antara prototipe sistem dengan termometer manual diambil 25 sampel pengujian. Dari sampel tersebut hasil pengukuran dapat digambarkan dengan grafik seperti ditunjukkan pada Gbr. 14. X-axis merupakan pengujian yang dilakukan, sedangkan y-axis merupakan hasil pengukuran suhu dalam °C.



Gbr. 14. Grafik Perbandingan Pengukuran Suhu antara Prototipe Sistem dengan Termometer Manual.

Kedua sampel pengukuran suhu tersebut kemudian diuji menggunakan *t test* dengan kriteria: *two-sample assuming equal variance, alpha 0,05*. Hasil pengujian *t test* ditunjukkan seperti pada Tabel IV.

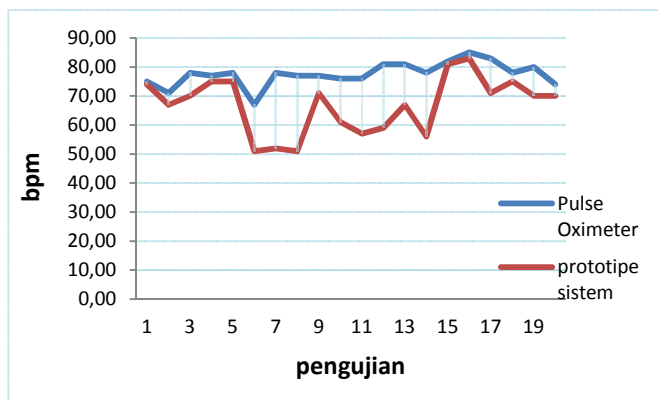
TABEL IV
PENGUJIAN T TEST PADA PENGUKURAN SUHU ANTARA PROTOTYPE SISTEM
DENGAN TERMOMETER MANUAL

	termometer	prototipe sistem
Mean	36,38	36,26
Variance	0,02	0,03
Observations	25	25
Pooled Variance	0,024	
Hypothesized Mean Difference	0,12	
df	48	
t Stat	-0,073	
P(T<=t) one-tail	0,471	
t Critical one-tail	1,677	
P(T<=t) two-tail	0,942	
t Critical two-tail	2,011	

Dari tabel tersebut dapat dikemukakan hal-hal sebagai berikut.

- Rata-rata (*mean*) variabel termometer yaitu pengukuran dengan termometer manual 36,38 °C sedangkan variabel prototipe sistem 36,26 °C.
- Ragam (*variance*) termometer 0,02 sedangkan ragam (*variance*) variabel prototipe sistem sebesar 0,03.
- Ukuran sampel (*observations*) masing-masing sampel $n = 25$, sehingga derajat bebasnya/ *degree of freedom* (df) = $(25 - 1) + (25 - 1) = 48$.
- Nilai t hitung sebesar -0,073 sedangkan nilai t-tabel untuk pengujian dua arah sebesar 2,011. Karena nilai $(t = -0,073) < (t_{0,025(48)} = 2,011)$ maka disimpulkan untuk menerima hipotesis H_0 bahwa rata-rata prototipe sistem sama dengan rata-rata termometer, dengan kata lain menolak H_1 rata-rata prototipe sistem tidak sama dengan rata-rata termometer manual, yang berarti rata-rata pengukuran dengan prototipe sistem sama dengan rata-rata pengukuran dengan termometer manual.

2) *Denyut Nadi*: Hasil perbandingan pengukuran denyut nadi antara prototipe sistem dengan pulse oximeter didapatkan sampel seperti ditunjukkan pada grafik Gbr. 15. X-axis merupakan pengujian yang dilakukan, sedangkan y-axis merupakan hasil pengukuran denyut nadi dalam bpm.



Gbr. 15. Grafik perbandingan pengukuran denyut nadi antara prototipe sistem dengan pulse oximeter

Kedua sampel pengukuran denyut nadi tersebut kemudian diuji menggunakan t test dengan kriteria: *two-sample assuming equal variance*, α 0,05. Hasil pengujian t test ditunjukkan seperti pada Tabel V.

TABEL V
PENGUJIAN T TEST PADA PENGUKURAN DENYUT NADI ANTARA PROTOTYPE
SISTEM DENGAN PULSE OXIMETER

	Pulse Oximeter	prototipe Sistem
Mean	77,6	66,8
Variance	16,57	95,22
Observations	20	20
Pooled Variance	55,89	
Hypothesized Mean Difference	10,8	
df	38	
t Stat	0,000	
P(T<=t) one-tail	0,5	
t Critical one-tail	1,686	
P(T<=t) two-tail	1	
t Critical two-tail	2,024	

Dari Tabel V tersebut dapat dikemukakan hal-hal sebagai berikut.

- Rata-rata (*mean*) variabel pulse oximeter yaitu pengukuran manual 77,6 bpm sedangkan variabel prototipe sistem 66,8 bpm.
- Ragam (*variance*) pulse oximeter 16,57 sedangkan ragam (*variance*) variabel prototipe sistem sebesar 95,22.
- Ukuran sampel (*observations*) masing-masing sampel $n = 25$, sehingga derajat bebasnya/ *degree of freedom* (df) = $(20 - 1) + (20 - 1) = 38$.
- Nilai t hitung sebesar 0,000 sedangkan nilai t-tabel untuk pengujian dua arah sebesar 2,024. Karena nilai $(t = -0,000) < (t_{0,025(38)} = 2,024)$ maka disimpulkan untuk menerima hipotesis H_0 bahwa rata-rata prototipe sistem sama dengan rata-rata pulse oximeter, dengan kata lain menolak H_1 rata-rata prototipe sistem tidak sama dengan rata-rata pulse oximeter, yang berarti rata-rata pengukuran dengan prototipe sistem sama dengan rata-rata pengukuran dengan pulse oximeter.

IV. KELEBIHAN DAN KETERBATASAN SISTEM

A. Kelebihan Sistem

- Prototipe sistem pemantau kesehatan pasien ini mudah dipasang dimana saja, karena ukurannya kecil dan tidak membutuhkan ruangan yang besar.
- Sensor-sensor dipasang di tubuh pasien selama pemantauan sehingga dapat mengatasi keterbatasan jumlah tenaga medis serta mengurangi waktu pengukuran sehingga lebih efisien.
- Untuk melihat informasi kondisi kesehatan pasien, dapat menggunakan personal computer/ PC, notebook, tablet, smartphone atau perangkat-perangkat bergerak lainnya yang dapat menampilkan web browser yang

mendukung aplikasi flash sehingga dapat diakses dari mana saja (*anywhere*).

- 4) Informasi kondisi kesehatan pasien dapat dilihat sewaktu-waktu (*anytime*) dalam waktu nyata (*realtime*).
- 5) Hasil informasi kondisi kesehatan pasien langsung berupa visualisasi dalam bentuk grafik sehingga mudah digunakan sebagai dasar pemantauan.
- 6) Hasil informasi kondisi kesehatan pasien dapat dipertanggungjawabkan (*accurate*).
- 7) Prototipe sistem pemantau kesehatan pasien ini menggunakan sensor suhu DS18B20 yang bisa dirangkai secara paralel dengan menggunakan teknologi *OneWire*. Dengan demikian sangat memudahkan dalam penambahan sensor. Untuk penambahan sensor tidak perlu melakukan penambahan arduino sehingga lebih murah.
- 8) Sistem dibuat dengan tampilan yang mudah dimengerti sehingga memudahkan petugas ataupun keluarga pasien yang diberi akses untuk melihat,.
- 9) Apabila diperlukan keluarga pasien dapat melihat informasi kondisi kesehatan pasien dari luar ruang perawatan sehingga mengurangi kontak fisik antara pasien dengan pihak luar yang berarti mengurangi resiko terjadinya infeksi pada pasien serta mengurangi gangguan dari suara-suara pengunjung.

B. Keterbatasan Sistem

- 1) Sensor yang memberikan informasi tanda vital tubuh (*vital signs*) belum semua terpasang, baru 2 (dua) sensor yang terpasang yaitu sensor suhu dan sensor denyut nadi.
- 2) Kondisi fisik pasien belum terlihat secara visual.
- 3) *Database* yang digunakan untuk menyimpan data-data dari sensor masih tersimpan secara lokal di tempat pengukuran, belum menggunakan sistem dengan *database* yang terpusat.
- 4) Jalur dari *ethernet shield* ke *server* masih menggunakan kabel
- 5) Perlu pelatihan tambahan untuk tenaga medis yang bekerja bila di daerah kekurangan petugas.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh selama melakukan penelitian maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Sistem pemantau kondisi kesehatan berbasis web mampu menampilkan informasi suhu dan denyut nadi pasien hingga ke halaman web dalam bentuk angka maupun grafik dalam waktu rata-rata 28 detik, sedangkan informasi adanya alarm yang dikirim melalui SMS dapat diterima rata-rata 62 detik, sehingga sistem pemantau kondisi kesehatan berbasis web mampu memberikan informasi dalam waktu nyata (*real-time*).
- 2) Sistem pemantau kondisi kesehatan berbasis web dapat diakses dari berbagai macam perangkat seperti notebook, smartphone dan perangkat yang mendukung aplikasi flash

di web, sehingga sistem ini dapat diakses dimana saja (*anywhere*). Selain itu sistem ini juga dapat diakses kapan saja (*anytime*)

- 3) Sistem pemantau kondisi kesehatan berbasis web mampu mengukur suhu tubuh maupun denyut nadi dengan tidak ada perbedaan bermakna dibandingkan dengan pengukuran manual pada tingkat signifikansi 5% ($p > 0,05$), sehingga sistem ini dapat menghasilkan informasi medis yang dapat dipercaya / akurat (*accurate*).

B. Saran

Beberapa hal yang dapat dikembangkan supaya prototipe ini bisa menjadi lebih baik antara lain.

- 1) Informasi tanda vital tubuh (*vital signs*) yang lain dapat ditampilkan pada monitor, dengan menambahkan sensor yang sesuai, seperti:
 - a. Informasi untuk memantau oksigen saturasi (SpO₂).
 - b. Informasi tekanan darah.
 - c. Informasi tambahan di luar *vital signs* adalah EKG (*electrocardiogram*) untuk memonitor aktivitas jantung secara elektrik.
- 2) Kondisi fisik pasien dapat ditampilkan/ dimonitor secara visual dengan menambahkan kamera (*ip cam*).
- 3) Prototipe sistem dapat dikembangkan dengan menggunakan sistem *database* yang terpusat.
- 4) Jalur dari *ethernet shield* ke *server* dapat diganti nirkabel dengan mengganti perangkat *ethernet shield* dengan *wifi shield* supaya lebih fleksibel serta lebih memudahkan instalasi.

REFERENSI

- [1] Paulo Goncalves, "Remote Patient Monitoring in Home Environment," in *Mobilizing Health Information to Support Healthcare-related Knowledge Work*, Porto, Portugal, January 2009, pp. 87-96.
- [2] S. Nourizadeh, "A Distributed Elderly Healthcare System," in *Mobilizing Health Information to Support Healthcare-related Knowledge Work*, Porto, Portugal, January 2009, pp. 59-68.
- [3] Wei Chen, "Wireless Transmission Design for Health Monitoring at Neonatal Intensive Care Unit," in *2nd International Symposium on Applied Sciences in Biomedical and Communication*, Bratislava, Slovakia, November 2009.
- [4] M. Kasim, "A Web Based Temperature Monitoring System," *International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering*, vol. 2, no. 1, pp. 17-25, March 2011.
- [5] Lynn S Bickley, *Bates' Guide To Physical Examination And History*.: Lippincott Williams & Wilkins, 2008.
- [6] Laboratorium Ketrampilan Medik Fakultas Kedokteran UGM, *SKILLS-LAB*.: Laboratorium Ketrampilan Medik Fakultas Kedokteran UGM, 1997/1998.
- [7] Maxim Integrated Products Inc, DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer datasheet, 2008.
- [8] Yury Gitman Joel Murphy. (2012) pulse sensor. [Online]. <http://pulsesensor.com/2011/08/01/anatomy-of-the-diy-heart-rate-monitor/>
- [9] Arduino SPI library. [Online]. <http://arduino.cc/en/Reference/SPI>
- [10] (2012) Arduino. [Online]. <http://arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- [11] WIZnet Co., Inc., *Wiznet W500 datasheet*, 2009-2010.
- [12] (2010, February) Gumbo Labs. [Online]. <http://www.gumbolabs.org/2010/02/05/rfid-ethernet-shield-client>

- rails/
- [13] Silvertel, Ag9000-S Power Over Ethernet Modul datasheet, October 2009.
 - [14] Michal Čihař. (2011, December) Gammu SMSD. [Online]. <http://wammu.eu/smsd/>
 - [15] Ph.D Roger S. Pressman, *Rekayasa Perangkat Lunak : Pendekatan Praktisi*, 7th ed., Dhewiberta Hardjono, Ed. Yogyakarta, Indonesia: Penerbit Andi, 2012.
 - [16] (2003-2013) PHP/SWF Charts. [Online]. <http://www.maani.us/charts4/index.php>
 - [17] Kay Vogelgesang. (2002-2013) Xampp for Windows. [Online]. <http://www.apachefriends.org/en/xampp-windows.html>
 - [18] Jason Ashdown. (2008) dx_auth. [Online]. http://dexcell.shinsengumiteam.com/dx_auth/
 - [19] David Axmark, Allan Larsson, and Michael "Monty" Widenius. (1980-2012) MySQL. [Online]. <http://www.mysql.com/>
 - [20] Jim E. Black, "How (not) to Fry a Thermometer: Testing a slow monitoring and recording system for the Double Chooz project,".
 - [21] (2011) Arduino and DS18B20 – 1-wire digital thermometer. [Online]. <http://www.ogalik.ee/arduino-and-ds18b20-1-wire-digital-thermometer/>
 - [22] EllisLab, Inc. (2001-2012) CodeIgniter. [Online]. <http://codeigniter.com/>
 - [23] Henrique M. G. Martins, "Remote Patient Monitoring in Home Environment," 2009.
 - [24] KingBright, Subminiature Solid State Lamp Datasheet, 2011.
 - [25] Paul Stoffregen. (2007-2012) PJRC. [Online]. http://www.pjrc.com/teensy/td_libs_OneWire.html
 - [26] Yury Gitman Joel Murphy. (2012) Pulse Sensor. [Online]. <http://pulsesensor.com/>