

SISTEM PEMANTAUAN TANDA VITAL MANUSIA

Ahmad Syaifudin¹, Iyus Rusmana², Asniar Aliyu³

^{1,2}Institut Teknologi Nasional Yogyakarta; Jalan Babarsari Caturtunggal Depok Sleman Yogyakarta 55281, Telp.(+62274) 485390 Fax.(+62274) 487249 ³Jurusan Teknik Elektro ITNY, Yogyakarta

e-mail: *¹ahmadsyaifu@gmail.com, ²iyusrusmana@gmail.com, ³asniaraliyu@yahoo.com

Abstrak

Tanda-tanda vital (*vital sign*) manusia adalah ukuran fungsi dasar tubuh manusia yang digunakan dalam mendeteksi permasalahan kesehatan tubuh seseorang. Perawat atau dokter biasa melakukan pengecekan Tanda-Tanda Vital (TTV) pada pasien untuk mengetahui tanda klinis guna memperkuat diagnosa suatu penyakit. Pada tahun 2017, Saputro dkk melakukan penelitian tentang alat pemantau TTV manusia secara *wireless sensor network* menggunakan transceiver nRF24L01 dengan dua parameter pengukuran, yaitu suhu tubuh dan detak jantung per menit (*beat per minute*, BPM). Nilai dari parameter tersebut hanya ditampilkan pada layar komputer yang dilengkapi dengan penyimpanan data serta tampilan grafik per menit. Jarak maksimal pengiriman data yang dapat dijangkau dari penelitian tersebut +/- 15 meter di ruang tertutup. Berdasarkan penelitian tersebut, penulis melakukan pengembangan dengan meningkatkan jangkauan jarak pengiriman data, menambahkan layar *Organic Light-Emitting Diode (OLED)* pada transmitter dan menampilkan sinyal *photoplethysmograph* dari sensor BPM pada layar komputer guna mempermudah pembacaan data. Setelah melakukan studi literatur dan pengujian dengan alat pembanding serta melakukan analisis data, didapatkan grafik *photoplethysmograph* pada modul kurang sesuai dengan grafik *photoplethysmograph* pada alat pasien monitor, error pembacaan sensor suhu dan BPM kurang dari 1.5%, serta peningkatan jangkauan pengiriman data menjadi +/- 25 meter.

Kata kunci: *wireless sensor network*, transceiver nRF24L01, *photoplethysmograph*, BPM, suhu

Abstrak

Human vital signs (vital signs) are a measure of the basic functions of the human body that are used in detecting a person's health problems. The nurse or doctor usually checks the patient's Vital Signs (TTV) to find out clinical signs to strengthen the diagnosis of a disease. In 2017, Saputro et al conducted a study on human TTV monitoring devices using a wireless sensor network using the nRF24L01 transceiver with two measurement parameters, namely body temperature and heart rate per minute (beats per minute, BPM). The value of these parameters is only displayed on a computer screen equipped with data storage and per minute graph display. The maximum distance for sending data that can be reached from the study is +/- 15 meters in a closed room. Based on this research, the authors developed this by increasing the range of data transmission distances, adding an Organic Light-Emitting Diode (OLED) screen on the transmitter and displaying the photoplethysmograph signal from the BPM sensor on a computer screen to make it easier to read data. After conducting literature studies and testing with comparison tools and analyzing data, the photoplethysmograph chart on the module does not match the photoplethysmograph chart on the patient monitor, the temperature sensor reading error and BPM are less than 1.5%, and an increase in the range of data transmission to +/- 25 meter

Kata kunci: *wireless sensor network*, transceiver nRF24L01, *photoplethysmograph*, BPM, suhu

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Di rumah sakit, perawat atau dokter biasa melakukan pengecekan Tanda-Tanda Vital (TTV) terhadap pasien untuk mengetahui tanda klinis guna memperkuat diagnosis suatu penyakit dan menentukan perencanaan perawatan medis yang sesuai (Johns Hopkins Medicine, 2018). Parameter dalam pemantauan TTV manusia, yaitu: suhu tubuh (*body temperature*), detak jantung (*pulse rate*), rata-rata pernapasan (*respiration rate*), dan tekanan darah (*blood pressure*) (Johns Hopkins Medicine, 2018).

Pemantauan TTV dapat dilakukan secara manual ataupun dilakukan secara otomatis. Pemantauan secara manual, seseorang mengukur dan mencatat data secara manual dalam periode tertentu, sedangkan pemantauan secara otomatis, data dicatat oleh sebuah divais dan data disimpan di dalam divais itu sendiri atau dikirim dan disimpan ke sebuah divais lain. Dalam pengiriman sebuah data dari satu divais ke divais lain, bisa menggunakan kabel sebagai perantaranya atau menggunakan metode nirkabel.

Dalam penelitian terakhir, telah dirancang alat pemantau TTV manusia secara *wireless sensor network* dengan dua parameter pengukuran (suhu tubuh dan detak jantung per menit). Dalam penelitian tersebut ditampilkan nilai setiap menit dari detak jantung (beat per minute, BPM) beserta gambar grafik dan nilai suhu tubuh manusia pada aplikasi Borland Delphi 7 yang dilengkapi penyimpanan data. Jarak maksimal pengiriman data yang dapat dijangkau dari penelitian tersebut +/- 15 meter dengan adanya penghalang (Saputro dkk, 2017).

Terkait dengan konteks diatas, peneliti bermaksud memodifikasi sistem dari penelitian diatas dengan menggunakan sensor BPM yang berbeda fabrikasi, menggunakan *transceiver* yang secara spesifikasi lebih baik, menambahkan layar *Organic Light-Emitting Diode (OLED)* pada *transmitter*, dan menampilkan grafik *photoplethysmograph* pada layar komputer. Dengan perubahan tersebut, diharapkan dapat meningkatkan kualitas hasil pembacaan data, memberikan kemudahan dalam analisa data, serta menghasilkan jangkauan jarak pengiriman data yang lebih baik.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang dapat dirumuskan tiga rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang perangkat-keras sistem TTV sebagai pemantau dan pengirim data sensor?
2. Bagaimana memilih sistem tanpa kabel sensor jaringan yang mampu mengirimkan data dengan kecepatan tinggi dan dalam jumlah besar?
3. Bagaimana merancang program tampilan (*user interface*) dan penyimpanan data hasil pemantauan TTV?

1.3. Batasan Masalah

Agar penelitian ini tidak meluas dari pembahasan maka penelitian dibatasi beberapa hal sebagai berikut:

1. Pemantauan TTV hanya meliputi detak jantung dan suhu tubuh dengan menggunakan sensor *Heart Rate SEN0203* dari DFRobot untuk deteksi detak jantung dan sensor LM35 untuk deteksi suhu tubuh.
2. Sistem nirkabel yang digunakan adalah dengan modul pemancar-penerima (*transceiver*) E01-ML01DP5.
3. Program yang digunakan untuk membuat *user interface* pada PC adalah IDE Borland Delphi XE8.
4. Jumlah objek yang dipantau adalah 2 orang dengan masing-masing menggunakan satu modul pemantau tanda vital manusia.

1.4. Tujuan Penelitian

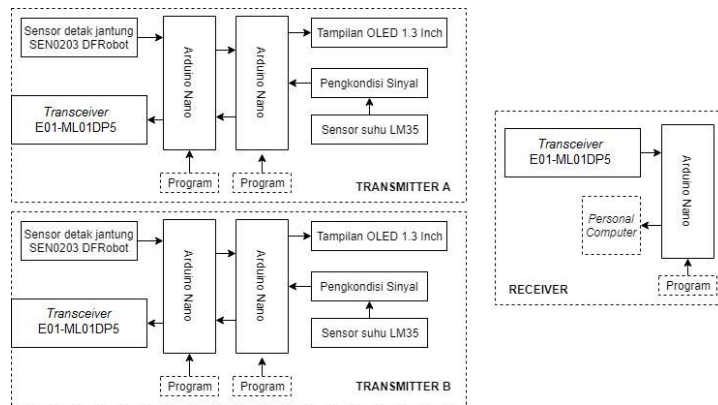
Penelitian ini bertujuan membuat sistem pemantauan tanda-tanda vital manusia terpusat dengan menggunakan sistem *wireless sensor network*. Objek khusus dari penelitian ini adalah merancang-bangun sistem pembacaan sinyal PPG dengan modul sensor yang berbeda daripada penelitian sebelumnya, merancang-bangun sistem pengiriman data menggunakan modul *transmitter-receiver* dengan spesifikasi yang lebih baik, menampilkan data pada *user interface* PC dengan informasi yang lebih lengkap dan menampilkan data pada OLED display.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini terdiri atas manfaat umum dan manfaat khusus. Adapun manfaat umum adalah dapat mempermudah pengukuran atau pemantauan Tanda-Tanda Vital (TTV) manusia, terutama di bidang kesehatan dan manfaat khususnya adalah dapat memberikan edukasi kepada mahasiswa Program Studi Teknik Elektro khususnya tentang sensor, detak jantung (PPG) dan sensor suhu tubuh manusia serta edukasi komunikasi data, terutama tentang *wireless sensor network*

2. METODE PENELITIAN

2.1. Diagram Kotak



Gambar 2.1 Diagram kotak sistem pemantauan tanda vital manusia

Sistem terdiri menjadi tiga bagian, yaitu sistem *transmitter A*, *transmitter B*, dan *receiver*. Pada sistem *transmitter A* dan *transmitter B* secara keseluruhan adalah sama, terdapat tiga masukan, yaitu dari tegangan luaran baterai, sensor detak jantung, dan sensor suhu LM35, serta terdapat dua arduino nano sebagai kontroler, yaitu Arduino Nano A dan Arduino Nano B. Perbedaan antara *transmitter A* dan *transmitter B* adalah data yang diperoleh dan dikirim. Pada *transmitter A* maupun *transmitter B*, data diperoleh dari tegangan luaran baterai, sensor detak jantung, dan sensor suhu yang ada pada masing-masing blok *transmitter*.

Prinsip kerja dari *transmitter* adalah seluruh tegangan luaran baterai dan sensor masuk ke pin ADC pada mikrokontroler arduino nano. Data masukan dibagi menjadi dua bagian, yaitu data yang masuk pada Arduino Nano A dan data yang masuk pada Arduino Nano B. Data yang masuk ke Arduino Nano A adalah tegangan luaran sensor detak jantung, dan data yang masuk ke Arduino Nano B adalah data tegangan luaran baterai dan sensor suhu LM35. Dari sensor detak jantung, diperoleh data sinyal PPG dan nilai BPM. Data BPM pada Arduino Nano A dikirim ke Arduino Nano B melalui komunikasi serial UART untuk ditampilkan pada tampilan OLED 1.3 inch bersamaan data luaran tegangan baterai dan nilai suhu yang sudah diolah oleh Arduino Nano B. Sedangkan, data suhu pada Arduino Nano B

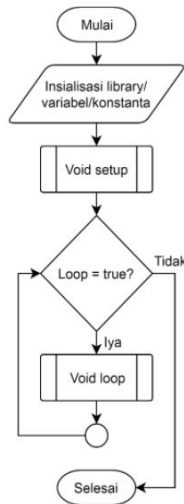
dikirim ke Arduino Nano A, yang kemudian melalui Arduino Nano A, data BPM, suhu, dan sinyal PPG dikirim melalui *transceiver*.

Receiver bertugas menerima data yang dikirim oleh *transmitter*. Dalam *receiver* terdapat sebuah antena *transceiver* E01-ML01DP5 dan mikrokontroler Arduino Nano. Data yang diterima oleh *transceiver* diteruskan ke Arduino Nano, kemudian Arduino Nano meneruskan data ke *personal computer* dengan komunikasi serial *Universal Synchronous Receiver Transmitter* (UART) melalui *Universal Serial Bus* (USB).

2.2. Diagram Alir

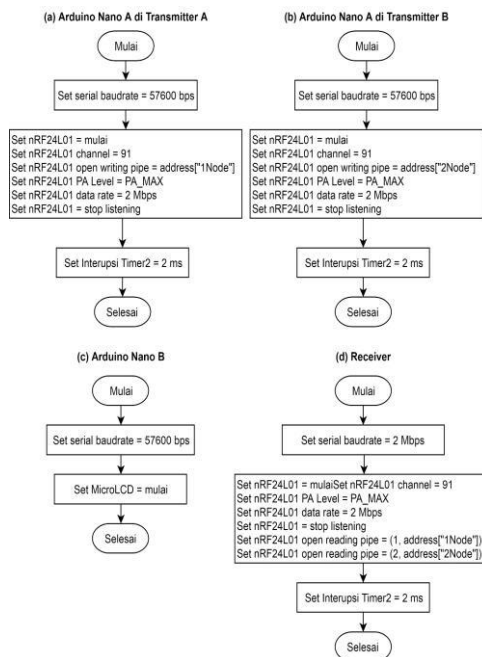
A. Diagram alir arduino

Diagram alir arduino secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Diagram alir arduino keseluruhan

Pada alur keseluruhan program, terdapat dua sub-program, yaitu *void setup* dan *void loop*. Dua sub-program tersebut berbeda antara masing-masing arduino di bagian *transmitter* maupun *receiver*. Diagram alir sub-program *void setup* pada masing-masing arduino dapat dilihat pada Gambar 2.3.



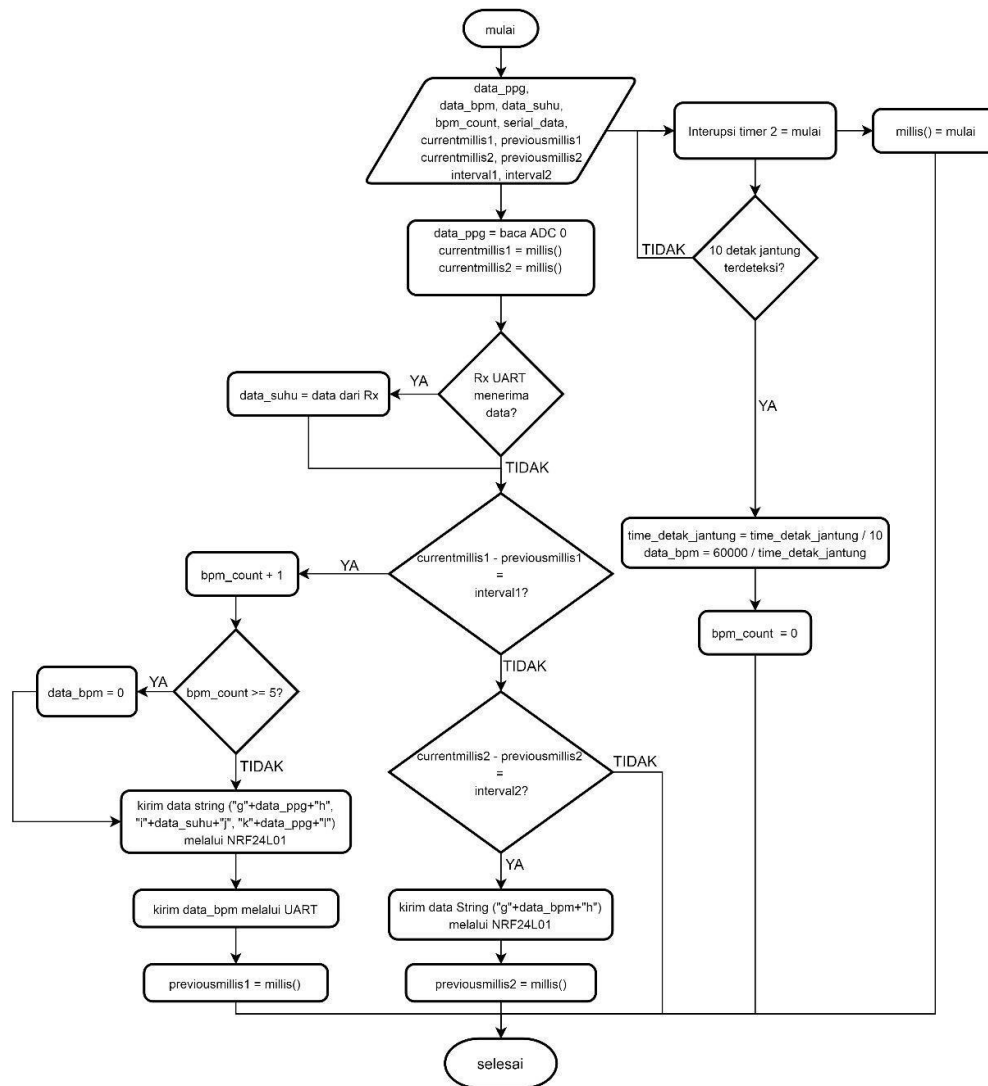
Gambar 2.3 Diagram alir sub-program arduino

Alur pemrograman di sub-program *void setup* Arduino Nano A pada *transmitter* A hampir sama dengan arduino nano A yang ada di *transmitter* B, hanya yang berbeda adalah pengalaman *transceiver*. Sementara untuk alur pemrograman pada sub-program *void setup* Arduino Nano B di *transmitter* A sama dengan yang ada pada Arduino Nano B di *transmitter* B.

Pada sub-program *void loop*, arduino melakukan proses yang dilakukan secara terus-menerus. Berbeda dengan sub-program *void setup* yang hanya dilakukan sekali proses, maka *code* program yang ada pada sub-program *void loop* akan dibaca secara simultan sampai ada perintah untuk keluar dari proses *loop* atau sampai arduino dimatikan (kehilangan sumber daya listrik). Diagram alir sub-program *void loop* dibagi menjadi dua bagian, yaitu diagram alir arduino nano di *transmitter* dan *receiver*.

B. Diagram alir delphi

Diagram alir delphi secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Diagram alir delphi

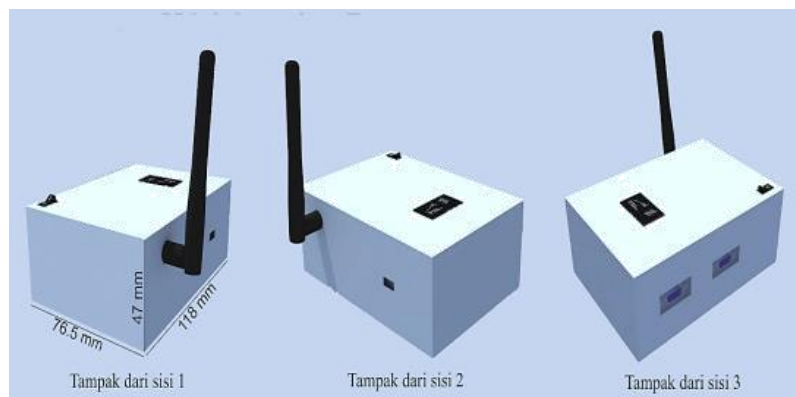
Ada beberapa variabel yang digunakan untuk menampung data, diantaranya adalah variabel *data_ppg1*, *data_suhu1*, *data_bpm1*, *data_ppg2*, *data_suhu2*, dan *data_bpm2*. Komunikasi data dilakukan secara serial, di mana pada delphi, dapat dilakukan komunikasi data jika saluran “*comport*” sudah dikonfigurasi dan siap untuk digunakan. Terdapat dua tampilan pemantauan, dimana konfigurasi/langkah untuk menjalankannya adalah sama. Pemantauan tidak akan bisa dimulai jika form yang tersedia belum diisi seluruhnya dan semua pilihan belum

dipilih. Interval *plotting* digunakan untuk mengatur waktu dalam menampilkan nilai data suhu dan bpm pada grafik yang disimpan dalam *database*. Ketika data masuk melalui *comport*, maka dilakukan pemilahan (*parse*) agar dapat dibedakan data ppg, data suhu, dan data bpm. Data ppg ditampilkan secara simultan pada grafik dengan tidak adanya penyimpanan *database*.

2.3. Perancangan perangkat keras

A. Tempat/dudukan *transmitter*

Tempat/dudukan rangkaian *transmitter* dapat dilihat pada Gambar 2.5.

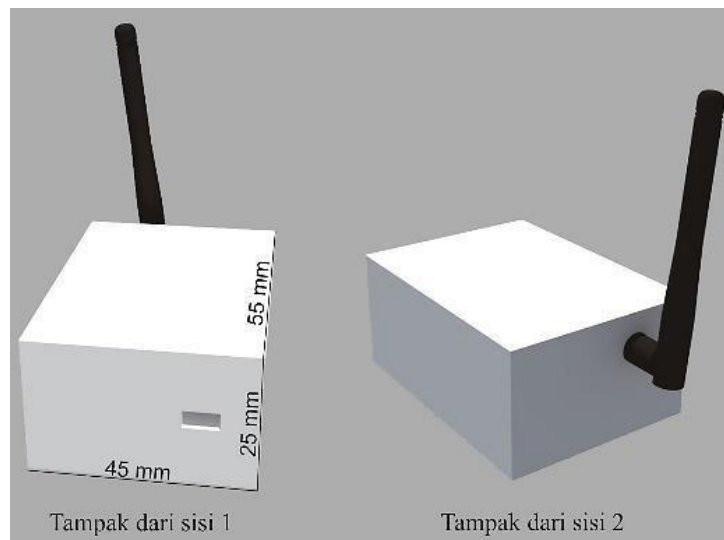


Gambar 2.5 Tempat/dudukan rangkaian *transmitter*

Pembuatan tempat dudukan *transmitter* menggunakan bahan akrilik dengan ketebalan 5 mm untuk bagian alas dan penyangga penutup, serta 3 mm untuk setiap sisi samping dan penutup atasnya. Tempat ini digunakan untuk wadah modul *transmitter*, dan dibuat menggunakan *software SketchUp*.

B. Tempat/dudukan *receiver*

Tempat/dudukan *receiver* dapat dilihat pada Gambar 2.6.

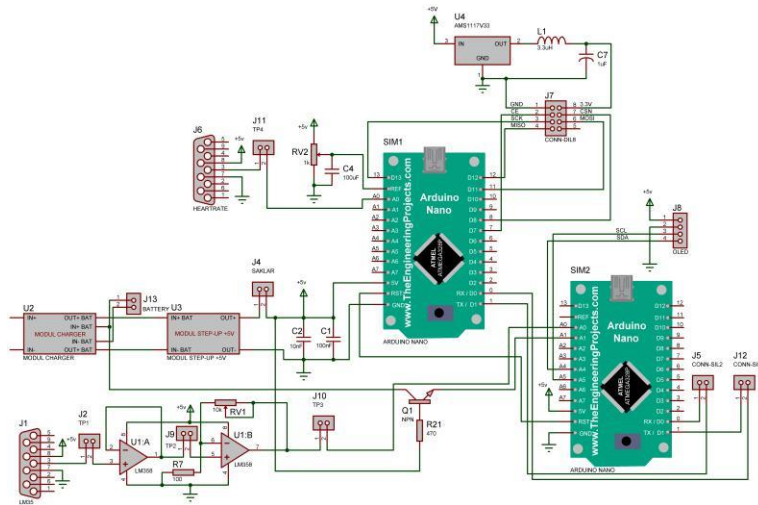


Gaambar 2.6 Tempat/dudukan rangkaian *receiver*

Seperti tempat dudukan rangkaian *transmitter*, tempat dudukan rangkaian *receiver* dibuat menggunakan akrilik dengan ketebalan 3 mm untuk semua sisinya. Tempat dudukan ini dirancang sebagai wadah modul *receiver* dan untuk desainnya digunakan *software* yang sama untuk mendesain tempat dudukan rangkaian *transmitter*.

C. Rangkaian transmitter

Rangkaian transmitter dapat dilihat pada Gambar 2.7.

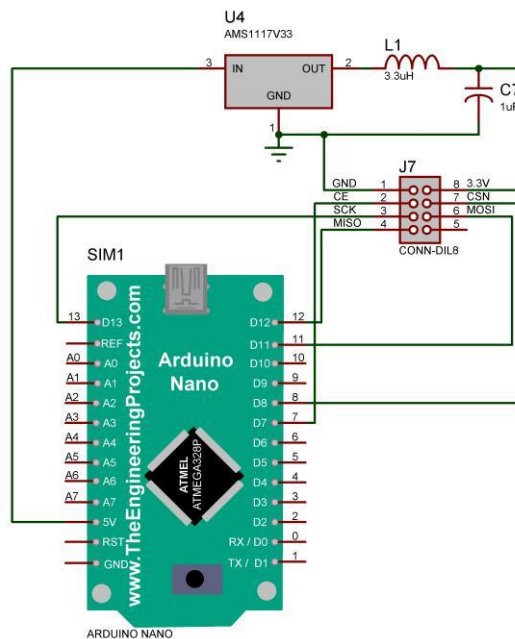


Gambar 2.7 Rangkaian transmitter

Pada rangkaian transmitter, terdapat dua buah arduino nano sebagai pengolah data dan satu transceiver untuk media pengiriman data secara nirkabel. Selain itu terdapat sebuah transistor yang digunakan untuk saklar tegangan baterai yang masuk ke kaki ADC pada arduino nano. AMS1117 berfungsi mempertahankan tegangan luaran sebesar 3.3 volt DC dan dilengkapi dengan filter L-C pada luarannya, digunakan untuk pemberi daya pada transceiver E01-ML01DP5. Sebuah tombol terhubung dengan kaki reset pada masing-masing arduino. Kaki Tx-Rx arduino masing-masing terhubung secara silang satu sama lain yang digunakan untuk komunikasi secara serial. Sebuah IC penguat operasional, yaitu IC LM358 digunakan untuk pengkondisi sinyal dari tegangan luaran sensor suhu LM35.

D. Rangkaian receiver

Rangkaian receiver dapat dilihat pada Gambar 2.8.

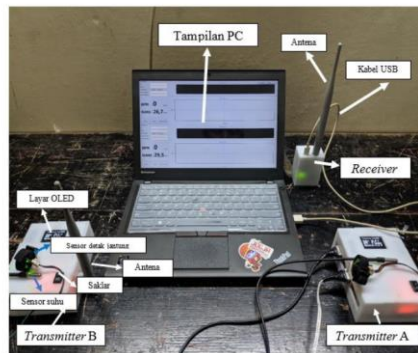


Gambar 2.8 Rangkaian receiver

Pada *receiver*, hanya terdapat satu buah arduino nano sebagai pengolah data, satu buah IC AMS1117 untuk regulator tegangan sebagai pemberi daya pada modul *transceiver* E01-ML01DP5 yang dilengkapi sebuah filter L-C pada bagian tegangan luarannya. Untuk komunikasi antara *node receiver* dengan PC, digunakan komunikasi serial (UART) melalui Port USB pada arduino nano yang secara *built-in* sudah terdapat pada modul arduino nano.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

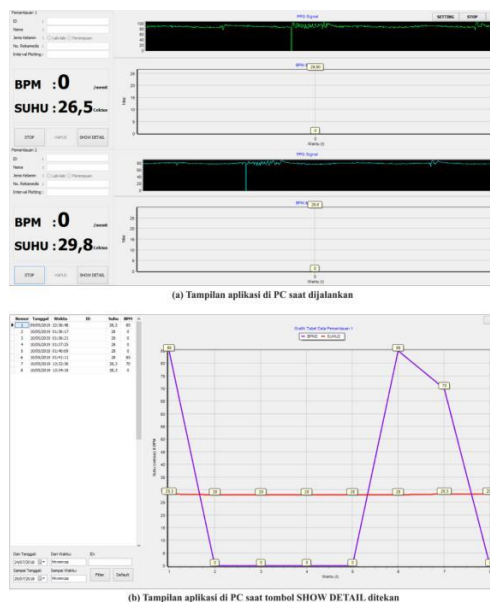
Hasil rancang bangun sistem Pemantauan Tanda Vital Manusia yang terdiri atas *transmitter*, *receiver*, dan tampilan ditunjukkan dalam Gambar 3.1. Terlihat dalam gambar dari kiri ke kanan adalah modul *transmitter* B, tampilan PC, modul *receiver*, dan modul *transmitter* A. Pada *transmitter*, baik *transmitter* A maupun *transmitter* B, terdapat beberapa komponen, yaitu layar OLED, saklar, sensor suhu, sensor detak jantung, dan antena., sedangkan pada *receiver* hanya terdapat antena dan kabel USB yang digunakan untuk komunikasi *receiver* ke PC.



Gambar 3.1 Keseluruhan sistem

3.1. Hasil Pembuatan Perangkat-lunak

Hasil akhir dari pembuatan perangkat-lunak adalah sebuah aplikasi yang digunakan untuk menampilkan data yang terbaca sensor dari seluruh modul *transmitter*. Aplikasi ini hanya dapat dijalankan untuk *Operating System* (OS) *Windows*. Tampilan aplikasi ini dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Aplikasi penampil data di komputer ketika dijalankan

Berdasarkan Gambar 3.2 dapat diketahui bahwa tampilan aplikasi tersebut terdapat dua halaman, yaitu halaman awal dan halaman untuk menampilkan data grafik yang tersimpan.

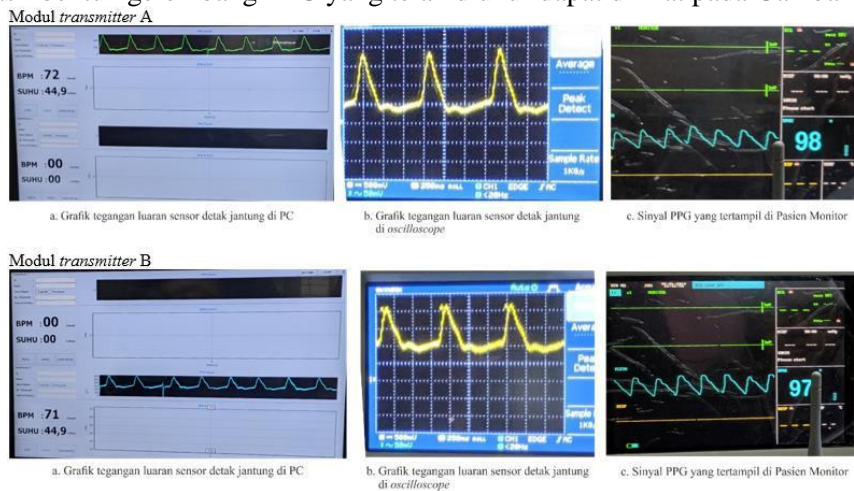
3.2. Hasil Pengujian Modul Transceiver E01-ML01DP5

Pengujian modul *transceiver* E01-ML01DP5 dilakukan dengan dua *transceiver* yang dikonfigurasi sebagai *transmitter* dan sebuah *transceiver* yang dikonfigurasi sebagai *receiver*. Kedua *transmitter* mengirimkan data secara hampir bersamaan ke *receiver* dengan kecepatan data di udara sebesar 2 Mbps. Pengujian dilakukan di ruangan tertutup, dimana terdapat 3 dinding penghalang. Dengan merubah jarak antara kedua *transmitter* dan *receiver*, maka didapatkan hasil pengujian seperti pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Hasil pengujian modul *transceiver*

Jarak (m)	Transmitter	Jeda (ms)	Status Pengiriman
5	A	0.30	Sukses
	B	0.18	Sukses
10	A	0.30	Sukses
	B	0.18	Sukses
15	A	0.30	Sukses
	B	0.18	Sukses
20	A	0.30	Sukses
	B	0.18	Sukses
25	A	0.30	Sukses
	B	0.18	Sukses
30	A	0.30	Pengiriman data sering tersendat
	B	0.18	Pengiriman data sering tersendat

3.3. Bentuk Gelombang PPG di Layar Komputer, Oscilloscope dan Pasien Monitor
 Hasil bentuk gelombang PPG yang telah diukur dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Bentuk gelombang PPG

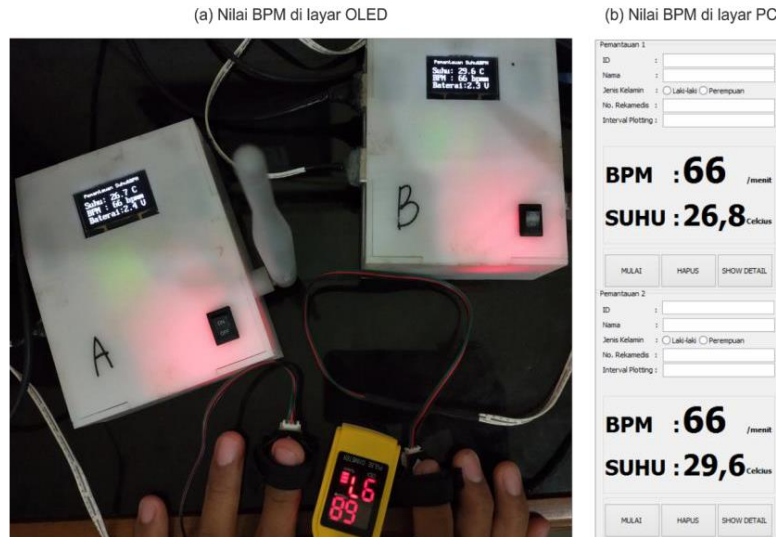
Bentuk grafik yang ditampilkan pada PC dari modul A maupun modul B hampir identik dengan grafik yang ditampilkan pada *oscilloscope*, dan keduanya berbeda dengan bentuk grafik yang ditampilkan pada pasien monitor.

3.4. Hasil Pengujian Pembacaan Sensor Detak Jantung yang Tertampil di Layar OLED dan Komputer Terhadap Alat Pembanding

Pengujian sensor BPM dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan sensor dari modul dengan pembacaan BPM dari alat pembanding. Alat pembanding yang digunakan adalah *Pulse Oxymeter*, alat ini dapat digunakan untuk mengetahui kadar oksigen dalam darah

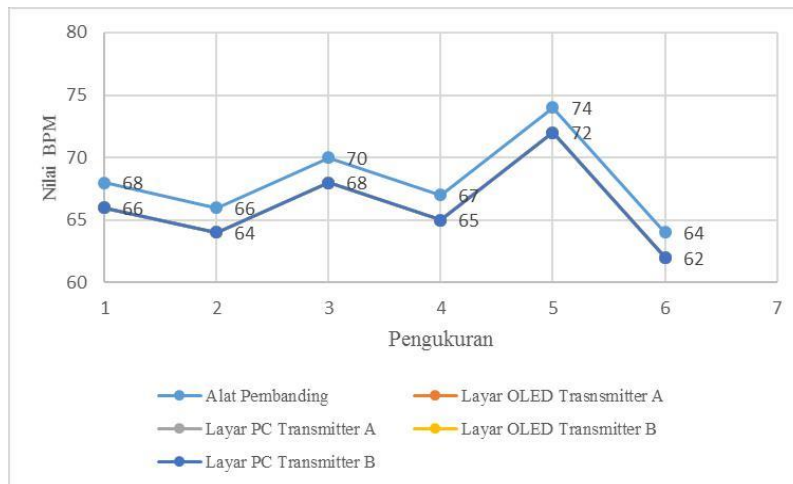
dan juga detak jantung per menit dengan mengukur perubahan volume dan intensitas darah pada manusia secara *non invasive*.

Saat pengujian, sensor diletakkan pada jari telunjuk, sensor pada modul diletakkan pada jari telunjuk bagian tangan kiri dan kanan, sementara sensor pada alat *Pulse Oxymeter* diletakkan pada jari tengah bagian tangan kiri. Hasil pengujian pada responden dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Pengukuran BPM pada responden

Berdasarkan Gambar 3.4, didapatkan hasil pengukuran pada *Pulse Oxymeter* sebesar 68, layar OLED di *transmitter* A dan B sebesar 66 dan 66, serta pada layar PC di *transmitter* A (pemantauan 1) dan B (pemantauan 2) sebesar 66 dan 66. Grafik hasil pengukuran responden sebanyak 6 kali dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Grafik hasil pengukuran BPM pada responden

Gambar 3.5 merupakan grafik hasil pengukuran dari 5 parameter yang dituangkan dalam 5 series. Hasil pengukuran menunjukkan hasil pembacaan pada modul *transmitter* A dan *transmitter* B tidak ada perbedaan dan sama-sama nilainya lebih rendah 2 nilai dari hasil pembacaan alat *Pulse Oxymeter*.

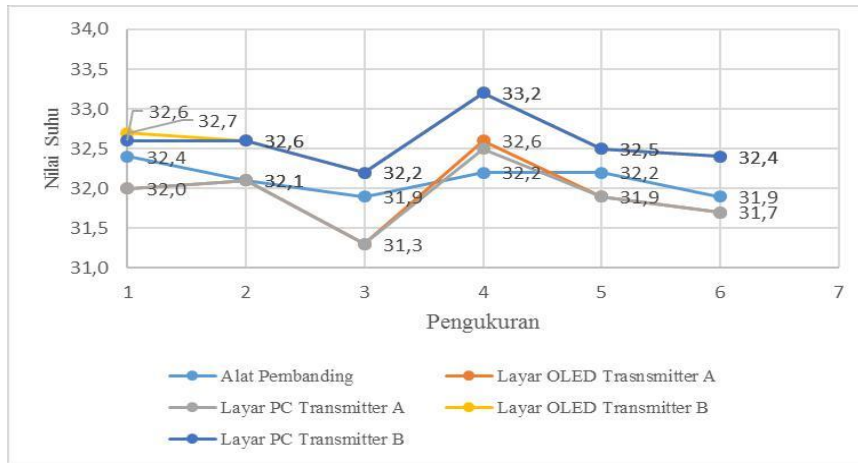
3.5. Hasil Pengujian Pembacaan Sensor Suhu yang Tertampil di Layar OLED dan PC Terhadap Alat Pembanding

Pengujian sensor suhu dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan sensor dari modul dengan pembacaan suhu dari alat pembanding. Alat pembanding yang digunakan adalah *thermometer* badan, alat ini dapat digunakan untuk mengetahui suhu tubuh manusia dengan cara menempelkan sensor suhu alat tersebut ke bagian tubuh manusia yang ingin diketahui suhu tubuhnya. Hasil pengukuran pada responden dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.6 Hasil pengukuran suhu pada responden

Berdasarkan Gambar 3.6, didapatkan hasil pengukuran pada *thermometer* sebesar 32.4, layar OLED di *transmitter* A dan B sebesar 32.0 dan 32.7, serta pada layar PC di *transmitter* A (pemantauan 1) dan B (pemantauan 2) sebesar 32.0 dan 32.6. Grafik hasil pengukuran responden sebanyak 6 kali dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Grafik pengukuran suhu pada responden

Gambar 3.7 merupakan grafik hasil pengukuran dari 5 parameter yang dituangkan dalam 5 series. Hasil pengukuran menunjukkan tidak ada perbedaan hasil secara signifikan antara kedua modul *transmitter* dengan alat *thermometer*. Nilai yang ditampilkan di layar OLED kedua *transmitter* juga secara keseluruhan tidak ada perbedaan dengan nilai yang ditampilkan di PC, meskipun di pengukuran ke-1 dan ke-2 ada perbedaan 0.1 antara nilai yang di layar OLED dan layar PC.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan, pengujian serta pembahasan hasil pengujian dari rancang bangun sistem pemantauan tanda vital manusia, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Sensor detak jantung dan sensor suhu dapat bekerja dengan baik dengan nilai kesalahan kurang dari 5%.
2. Grafik PPG yang dihasilkan oleh modul sensor SEN0203 DFRobot tidak sesuai dengan grafik PPG yang ditampilkan pada pasien monitor, sehingga pada penelitian ini, modul sensor SEN0203 DFRobot tidak bekerja dengan baik dalam menghasilkan gelombang sinyal PPG.
3. Untuk pengiriman data 2 *transmitter* dan 1 *receiver*, modul *transceiver* E01-ML01DP5 dapat bekerja cukup baik dalam jarak sekitar kurang dari 30 meter dengan pengiriman data *real time* setiap 10 ms.

5. SARAN

Penelitian ini dapat dikembangkan lagi untuk mencapai hasil yang lebih baik. Beberapa pengembangan yang dimungkinkan adalah sebagai berikut:

1. Mengganti sensor detak jantung dengan sensor yang bisa menghasilkan gelombang PPG yang sesuai dengan gelombang PPG yang ditampilkan pada alat pasien monitor.
2. Menggunakan modul pengiriman yang lebih baik.
3. Membuat *code* program pengolah data yang lebih baik.
4. Menambah parameter *respiration rate* dan tekanan darah *non invasive*.

DAFTAR PUSTAKA

- Asaduzzaman Miah, M. *et al.* (2016) ‘Continuous heart rate and body temperature monitoring system using Arduino UNO and Android device’, 2nd International Conference on Electrical Information and Communication Technologies, EICT 2015, (Eict), halaman 183–188.
- Chong, K. S., Gan, K. B. and Alauddin, M. A. M. (2012) ‘Development of a Two-Channel Simultaneous Photoplethysmography Recording System’, *ITB Journal of Information and Communication Technology*, volume 6, halaman 171–182.
- Johns Hopkins Medicine (2018) *Vital Signs (Body Rate, Respiration Rate, Blood Pressure)*. https://www.hopkinsmedicine.org/healthlibrary/conditions/cardiovascular_diseases/vital_signs_body_temperature_pulse_rate_respiration_rate_blood_pressure_85.P00866 (Accessed: 6 June 2018).
- Phongsak Keeratiwintakorn (2008) *Three-Lead Wireless ECG in Sensor Networks for Mobile Patients*. Bangkok.
- Rahayu, H.; Y. (2015) ‘Sistem Monitoring Photoplethysmograph Berbasis Zigbee dan Labview’, *FTEKNIK Universitas Riau*, volume 2, halaman 1–10.
- Saputro, M. A., Widasari, E. R. and Fitriyah, H. (2017) ‘Implementasi Sistem Monitoring Detak Jantung dan Suhu Tubuh Manusia Secara Wireless’, volume 1.
- Sidiq Hidayatulah, Munawar Agus R., and D. (2015) ‘PERANCANGAN ALAT PENGUKUR DETAK JANTUNG DENGAN SENSOR FOTODIODA BERBASIS PHOTOPLETHYSMOGRAPHY (PPG)’, *TRANSIENT*, volume 4, halaman 3–7.