



dapat diakses melalui <http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jmuo>



Rancang Bangun Oksimeter Pulsa yang Diintegrasikan dengan EKG sebagai Alat Ukur Multimodal untuk Analisis HRV

David Pang^{a*}, Hesky Stevy Kolibu^b

^aJurusan/Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi

^bJurusan/Prodi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Sam Ratulangi

KATA KUNCI

EKG, oksimeter, QRS, HRV

ABSTRAK

Analisis variabilitas denyut jantung (Heart Rate Variability, HRV) berdurasi panjang berguna sebagai teknik noninvasif untuk asesmen terhadap aktivitas sistem saraf otonom. Performa sistem analisis HRV sangat bergantung pada keakurasian pendeteksian *R-peak* dari *QRS complex* dari signal Elektrokardiogram atau EKG. Detak *ectopic* yang disebabkan oleh kesalahan deteksi dapat mengganggu hasil HRV, yang mengakibatkan masalah signifikan dalam interpretasinya. Terutama karena pemantauan EKG untuk analisis ini berdurasi panjang, maka diperlukan sistem deteksi *R-peak* yang andal. Penelitian ini bertujuan membangun sistem akuisisi data multimodal dari data EKG dan data pulsa SpO₂ (*Peripheral Oxygen Saturation*) dari oksimeter untuk mendapatkan hasil deteksi *R-peak* yang lebih reliabel. dibanding dengan hanya menggunakan data EKG saja. Untuk tujuan tersebut riset ini dibagi ke dalam dua tahapan, yaitu mengembangkan perangkat keras untuk akuisisi data, dan selanjutnya mengembangkan metode untuk menggabungkan data EKG dan data pulsa SpO₂ untuk mendeteksi signal QRS. Riset ini adalah tahapan pertama, di mana pada hasil pengujian kami mendapatkan dua set data yang menginformasikan even yang sama, yaitu adanya detak jantung.

KEYWORDS

ECG, Oxymer, QRS, HRV

ABSTRACT

Long-term heart rate variability (HRV) analysis is useful as a noninvasive technique for autonomic nervous system activity assessment. The performance of HRV analysis systems heavily depends on a reliable and accurate detection of the R peak of the QRS complex. Ectopic beats caused by misdetection can introduce bias into HRV results, resulting in significant problems in their interpretation. Due to the long-term purpose of recording and analyzing, a reliable system is needed. This work is to build a multimodal data acquisition system from ECG and Oxymeter's pulse SpO₂ to find a more reliable result compared to one that solely use the ECG data. We organize the whole work into two stages: the first one is to build the hardware for the multimodal data acquisition, and the second one is to develop a proper method to utilize these two data sets for the QRS recognition. This research is the first stage, which from the result we have the two data sets that inform the same events i.e. the heartbeats.

TERSEDIA ONLINE

01 Februari 2022

Pendahuluan

Pemantauan jangka panjang terhadap variabilitas detak jantung (*Heart Rate Variability*, HRV) dapat membantu tenaga medis untuk mencegah perkembangan penyakit dan mengidentifikasi dampak kerusakan syaraf otonom (Camm, 1996; Acharya, 2006).

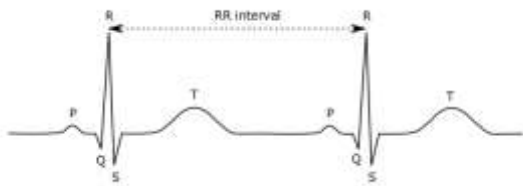
Pada umumnya akuisisi data untuk pemantauan detak jantung dilakukan dengan menggunakan peralatan elektrokardiografi atau EKG, diikuti oleh pengenalan signal QRS, kemudian mengidentifikasi letak *R-peak*. Signal QRS adalah signal dari otot jantung pada

*Corresponding author:

Email address: david.pang@unsrat.ac.id

Published by FMIPA UNSRAT (2022)

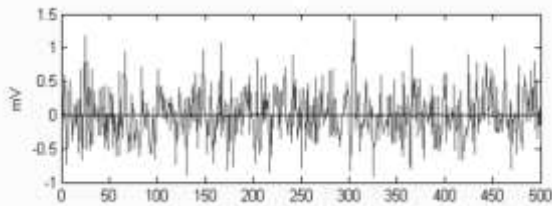
ventricular saat memompa darah, yang puncaknya ditandai dengan *R-peak*.



Gambar 1. Bentuk khas EKG dan penentuan *RR interval* untuk analisis HRV

Dalam analisis ini, data detak jantung yang tidak dipicu oleh syaraf otonom (yaitu tidak merefleksikan aktifitas syaraf otonom) akan berpengaruh signifikan terhadap hasil analisis. Beberapa peneliti mensyaratkan toleransi kesalahan tidak lebih dari 10 kesalahan dalam durasi 1 jam (RE Kleiger, 1992). Ada juga yang bisa menerima kesalahan akuisisi sebesar maksimum 5% (RE Kleiger, 1992), 8% (F Lombardi, 2000), dan 10% (Udo Meyerfeldt, 2002). Oleh karena sensitifitas terhadap kesalahan pengukuran maka pendeteksian *R-peak* harus dilakukan seakurat mungkin.

Namun dalam prakteknya adanya berbagai derau yang disebabkan oleh gangguan signal yang berasal dari otot, akibat pergerakan tubuh dan pergeseran elektrode, akibat induksi elektromagnetik dan jala-jala listrik, dan derau *baseline wander* akibat pemapasan dan perubahan resistansi kulit sangat mungkin terjadi dalam pengukuran. Untuk mengatasi kendala di atas telah banyak dikembangkan berbagai teknik penghilangan derau maupun berbagai metode dan algoritma untuk mendapatkan hasil yang seakurat mungkin.



Gambar 2. Signal EKG yang tercampur dengan derau yang cukup sering terjadi (Sid, 2005)

Dalam riset ini kami mencoba menyelesaikan permasalahan ini dengan pendekatan multimodal. Pada saat terjadi *R-peak*, otot jantung memompa darah ke seluruh tubuh sehingga darah yang mengandung kadar oksigen tinggi mengalir ke seluruh tubuh. Peristiwa ini akan terdeteksi sebagai *systole pulse* pada alat ukur oksimeter. Data signal QRS dari EKG dan data *systole pulse* dari oksimeter saling berkorelasi dan diharapkan meningkatkan akurasi.

Untuk mencapai tujuan ini maka riset ini dibagi menjadi dua tahapan, yaitu mengembangkan perangkat keras untuk akuisisi data, dan selanjutnya mengembangkan metode untuk menggabungkan data EKG dan data oksimeter untuk mendeteksi signal QRS. Riset ini adalah tahapan pertama, yaitu mengembangkan perangkat keras untuk akuisisi data kedua signal yang berbeda tersebut.

Material dan Metode

Rancangan ini menggunakan Arduino pro mini untuk akuisisi data untuk kemudian disalurkan ke komputer menggunakan USB. Transfer data menggunakan USB TTL *serial cable*. Diagram rangkaian keseluruhan dapat dilihat pada gambar 3.

Rancangan Alat Ukur EKG

Alat ukur EKG bekerja dengan mengukur signal otot jantung. Karena rancangan ini ditujukan untuk analisis HRV maka digunakan EKG *single lead* (yaitu menggunakan 3 elektrode), dengan tujuan mengoptimalkan akuisisi signal QRS. Pada dasarnya modul EKG adalah penguat signal dan *band pass filter*. Penguat signal berbasis IC AD8232 dari Analog Devices. Untuk meminimalkan derau *baseline wander* maka rancangan ini dilengkapi dengan *two pole High Pass Filter* dengan frekuensi pancung 0.5 Hz. Derau frekuensi yang lebih tinggi diminimalisasi dengan *two pole Low pass Filter*, dengan frekuensi pancung 40Hz, sehingga EKG ini bekerja untuk signal antar 0.5 Hz - 40Hz. Penguatan total penguat EKG ini sesuai *datasheet* adalah 1100 kali. Output dari penguat kemudian dimasukkan ke pin AO dari Arduino untuk dikonversi menjadi digital.

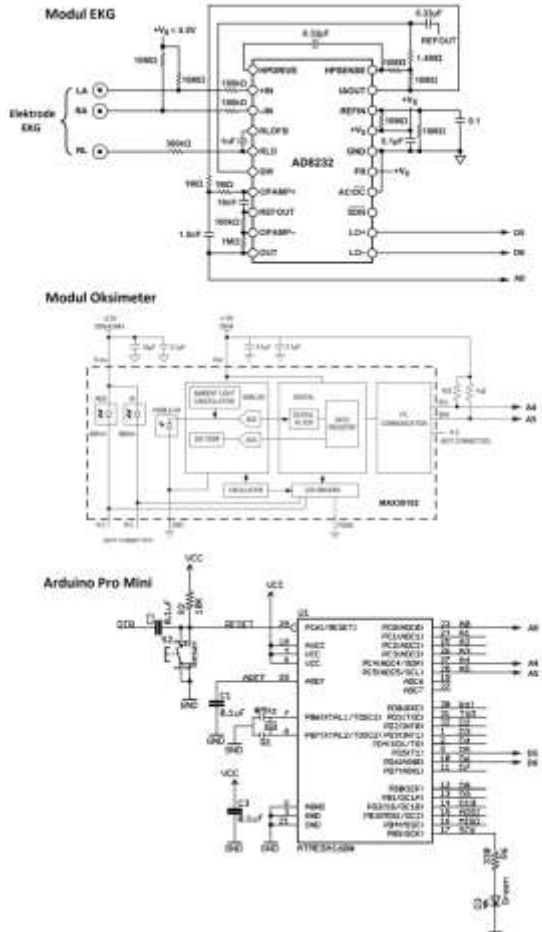
Rancangan Alat Ukur Oksimeter Pulsa

Alat ukur oksimeter atau alat ukur pulsa SpO₂ dimaksudkan untuk mengukur kadar oksigen dalam darah pada *peripheral organ* dengan menggunakan *Photoplethymographic sensor*. Pada saat otot ventricular jantung dipicu oleh signal QRS maka darah yang mengandung kadar oksigen tinggi dipompa ke seluruh tubuh, dan berkorelasi dengan *systole pulse* pada pengukuran SpO₂.

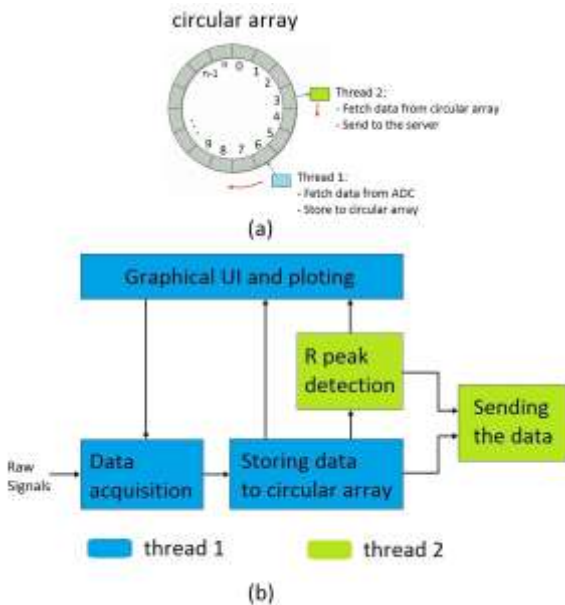
Dalam rancangan ini kami menggunakan IC MAX30102 yang menggunakan sensor *Photoplethymographic* secara reflektif (sebagai alternatif lain dari cara transmisi). Untuk antarmuka ke Arduino digunakan metode I2C (*Inter-Integrated Circuit*)

Perangkat Lunak pada Komputer

Sebagai kelanjutan dari riset kami yang lalu, kami menggunakan kerangka perangkat lunak (*framework*) yang sama seperti sebelumnya (Pang, 2016). Namun *thread* kedua (Gambar 4(b), diwarnai hijau) belum ada, dan akan dikembangkan pada tahapan riset selanjutnya dengan mengembangkan metode baru untuk menggabungkan data EKG dan data *pulse* SpO₂ untuk mendapatkan posisi *R-peak*. Detail dan cara kerja *circular array* dan dua *thread* dimaksud bisa dibaca pada daftar pustaka (Pang, 2016).



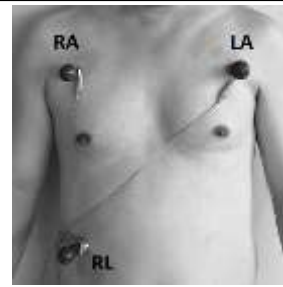
Gambar 3. Diagram rangkaian keseluruhan



Gambar 4 (a) tipe data *circular array* untuk menampung data akuisisi (b) Program terbagi menjadi dua *thread*

Cara Pengukuran

Pengukuran EKG dapat dilihat pada gambar 5, dan pengukuran SpO2 dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 5. Posisi elektrode EKG dalam pengukuran



Gambar 6. Pengukuran SpO2.

Hasil dan Pembahasan

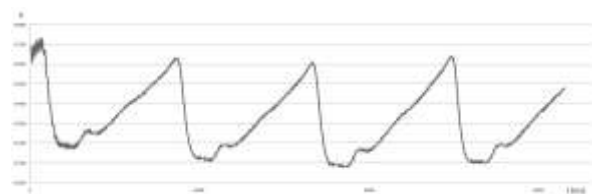
Kedua alat ukur ini bekerja masing-masing yaitu tidak sinkron dalam satu clock sehingga waktunya sedikit tidak saling sinkron. Ketidak sinkronan ini agak variatif.

Namun rancangan ini dimaksudkan untuk keperluan penyempurnaan akurasi riset kami sebelumnya di mana pada riset sebelumnya pendeteksian R-peak hanya mengandalkan *single modal* yaitu data EKG (Pang, 2016 dan Pang, 2018), sedangkan saat ini menggunakan multimodal yaitu data pulsa SpO2 selain data EKG.

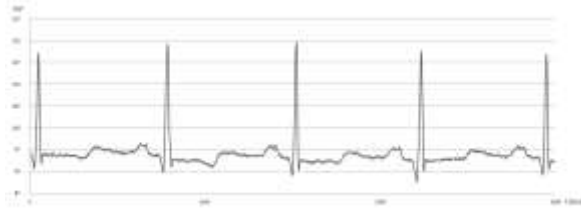
Dalam riset sebelumnya, metode automata mengoleksi sejumlah bentuk signal yang memenuhi syarat sebagai calon QRS complex dari EKG. Di antara signal ini bisa terselip signal QRS palsu akibat derau, di mana penentuan signal QRS turut ditentukan juga dengan metode probabilistik.

Pada gambar 7 dan 8 terlihat bahwa ada kesamaan pola yang berulang antara data SpO2 dan data EKG di mana keduanya menginformasikan adanya detak jantung. Dalam hal ini data pulsa *systole* dari SpO2 memiliki keterkaitan sebab-akibat dengan signal QRS complex pada EKG sehingga bisa dikorelasikan.

Karena interval antara calon QRS yang satu dengan yang lain pada penelitian kami sebelumnya selalu lebih besar dari 240ms maka ketidak sinkronan akuisisi data yang terjadi antara EKG dan SpO2, yang selisahnya jauh lebih kecil dari 240ms, dapat diabaikan.



Gambar 7. Plot data pulse SpO2



Gambar 8. Plot data EKG

<https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ad8232.pdf> , diakses pada 20 July 2021

<https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX30102.pdf>, diakses pada 25 July 2021

<https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/Arduino-Pro-Mini-schematic.pdf> , diakses pada 10 July 2021

Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dikembangkan sistem akuisisi data EKG dan oksimeter untuk mengukur SpO₂ pulse yang dimaksudkan untuk metode multimodal untuk meningkatkan akurasi pendeteksian signal QRS dalam analisis HRV. Data QRS dari EKG dan data pulsa SpO₂ dari oksimeter ada kesamaan pola yang berulang yang menginformasikan adanya detak jantung, sehingga kedua data ini dapat bersama-sama digunakan untuk QRS *recognition*.

Daftar Pustaka

- Camm, A.J., et al. 1996. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task for of the European society of cardiology and the North American society for pacing and electrophysiology. *Circulation* 9:1043–1065.
- Acharya, U.R., et. al. 2006. Heart rate variability: A review. *Med. Biol. Eng. Comput.* 44:1031–1051.
- RE Kleiger, et al, 1992. Time domain measurements of heart rate variability. *Cardiology clinics* 10(3):487–498.
- F Lombardi, A Porta, M Marzegalli, S Favale, M Santini, A Vincenti, and A DeRosa. 2000. Implantable Cardioverter Defibrillator-Heart Rate Variability Italian Study Group. *Am J Cardiol* 86(9):959–963
- Udo Meyerfeldt, et. al. 2002. Heart rate variability before the onset of ventricular tachycardia: differences between slow and fast arrhythmias. *International journal of Cardiology* 84(2):141–151.
- Sid Ahmed, Chouakri & bereksi reguig, Fethi & Ahmaidi, Said & Fokapu, Odette. 2005. Wavelet denoising of the electrocardiogram signal based on the corrupted noise estimation. *Computers in Cardiology* 32:1021-1024.
- Pang, D.; Igasaki, T.; Maehara, J. 2016. Long-term monitoring of heart rate variability toward practical use in intensive/high care unit. In: *Proceedings of the 9th Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON)*, IEEE:1-6.
- Pang, D.; Igasaki, T. 2018. A Combined Syntactical and Statistical Approach for R Peak Detection in Real-Time Long-Term Heart Rate Variability Analysis. *Algorithms* 11(83). <https://doi.org/10.3390/a11060083>