

# Pengembangan Sistem Monitoring Kesehatan Jantung Tahan Noise Berbasis Sinyal EKG

Anggun Winursito <sup>a,1,\*</sup>

<sup>a</sup> Universitas Negeri Yogyakarta, Karangmalang, Sleman dan 55281, Indonesia

<sup>1</sup> [anggunwinursito@uny.ac.id](mailto:anggunwinursito@uny.ac.id)

\* Penulis Korespondensi

## ABSTRAK

Penelitian mengenai sistem monitoring kesehatan jantung secara otomatis banyak dilakukan, namun masih belum menghasilkan output yang maksimal. Permasalahan utama dari penelitian yang sudah ada adalah akurasi sistem monitoring yang masih rendah terutama pada kondisi sinyal EKG yang mengandung noise. Pada penelitian ini dirancang sistem deteksi yang tahan noise melalui pengembangan algoritma kombinasi, serta dirancang prototipe hardware dan software sistem pelayanan bagi pasien dalam memonitoring kesehatan jantung. Algoritma kombinasi menggunakan Wavelet dan Artificial Neural Network (ANN). Output sinyal hasil proses denoising dimasukkan dalam proses klasifikasi menggunakan ANN dan output deteksi berupa kondisi sinyal EKG yang menggambarkan keadaan jantung normal atau abnormal. Proses denoising dirancang menggunakan Wavelet dengan mengujicobaan beberapa tipe Wavelet Daubechies, Symlet, serta Coiflet pada sinyal EKG yang mengandung noise. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma kombinasi mampu memperbaiki performa sistem deteksi konvensional pada proses monitoring kesehatan jantung. Software monitoring serta prosedur pelayanan pasien juga dirancang berbasis website dan menggunakan teknologi internet of thngs.



### Kata Kunci

EKG  
Jantung  
Noise  
Wavelet  
ANN



This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

## 1. Pendahuluan

Kardiovaskuler atau penyakit jantung merupakan salah satu penyakit nomor satu yang menjadi penyebab kematian di seluruh dunia. Berdasarkan World Health Organization (WHO), dari 1.3 juta kematian yang terjadi di Indonesia pada tahun 2016, 35% diakibatkan oleh penyakit kardiovaskular [1]. Negara berkembang menghadapi beban kardiovaskular yang tinggi, sementara kesadaran akan penyakit dan faktor risiko terkait masih terbatas [2]. Penyakit kardiovaskular terjadi karena gangguan pada jantung serta pembuluh darah. Diantara beberapa jenis penyakit kardiovaskular, serangan jantung atau myocardial infarction (MI) menjadi penyakit yang paling sering terjadi. Pada dasarnya proses pendeteksian dini kelainan jantung pada pasien dapat dilakukan dengan menggunakan sinyal Elektrokardiogram (EKG) yang direkam pada tubuh pasien. Tenaga medis kemudian melakukan pengamatan pada sinyal EKG untuk menentukan kondisi jantung pasien. Pengamatan sinyal EKG membutuhkan keahlian khusus yang biasanya dikuasai oleh dokter bidang jantung ataupun sejenisnya, sehingga pemeriksaan indikasi kelainan jantung biasanya dilakukan di Rumah sakit. Dewasa ini pemanfaatan teknologi dalam bidang medis telah dieksplorasi intensif mengingat banyaknya manfaat yang ditawarkan. Teknologi sistem deteksi kelainan jantung secara otomatis menjadi bidang teknologi medis yang telah banyak dilakukan beberapa peneliti [3]–[6]. Teknologi menawarkan system yang mampu mendeteksi kelainan jantung secara otomatis berdasarkan hasil pengamatan sinyal EKG yang sudah direkam, tanpa membutuhkan peran dokter khusus mengenai proses pengamatan sinyal EKG. Mengingat masih terbatasnya jumlah dokter khusus penyakit jantung yang ada di beberapa wilayah, keberadaan teknologi tersebut sangat membantu dalam proses pendeteksian dini kelainan penyakit jantung karena tidak perlu membutuhkan peran dokter dalam menganalisa isyarat sinyal EKG.

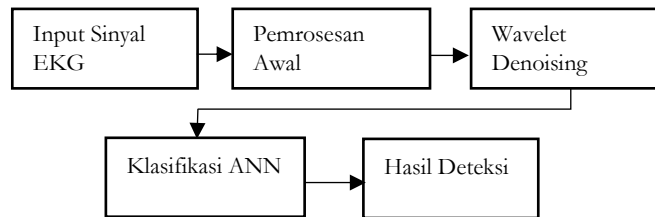
Permasalahan utama dari penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya adalah akurasi sistem pengenalan yang masih rendah terlebih pada sinyal yang berderau (noise). Performa sistem deteksi menjadi hal yang paling penting karena menyangkut hasil deteksi kelainan penyakit jantung yang berhubungan erat dengan nyawa manusia. Penelitian mengenai sistem deteksi kelainan jantung manusia telah dilakukan Diker A., dkk [7] menggunakan isyarat EKG. Penelitian berfokus pada algoritma sistem dengan membandingkan metode KNN dan ANN. Metode Ekstraksi fitur yang digunakan pada penelitian tersebut adalah Pan-Tompkins dan DWT. Hasil penelitian menghasilkan akurasi tertinggi yang dicapai oleh metode klasifikasi ANN sebesar 86.49%. Akurasi tersebut masih diperlukan peningkatan lebih lanjut, mengingat sistem deteksi pada bidang kesehatan membutuhkan akurasi yang tinggi karena berhubungan dengan kesehatan manusia. R. Hariri, dkk [8] melakukan penelitian mengenai perancangan sistem monitoring detak jantung menggunakan Sensor AD8232 berbasis Internet of Things. Peneliti menggunakan sensor AD8232 untuk membaca sinyal EKG dan dimonitor melalui internet. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbandingan persentase rerata error antara sistem yang dikembangkan dengan alat yang digunakan di rumah sakit sebesar 1,2%. Penelitian yang dilakukan sebatas memantau sinyal EKG yang dihasilkan oleh sensor tanpa adanya sistem deteksi mengenai kondisi jantung yang normal atau abnormal. Pavithra dan Jayalakshmi [9] juga melakukan penelitian mengenai identifikasi fitur-fitur penting yang memprediksi penyakit jantung dan kemudian menerapkan fitur tersebut ke model klasifikasi yang berbeda untuk mencoba dan menemukan model terbaik. Untuk kinerja dan akurasi dalam prediksi penyakit jantung, berbagai algoritma pembelajaran mesin terstruktur digunakan dan dibandingkan.

Berdasarkan hal tersebut, permasalahan utama dari sistem deteksi kelainan jantung menggunakan sinyal EKG ada tentang akurasi terutama pada sinyal yang berderau. Kebutuhan akurasi yang tinggi menjadi harga mutlak bagi sistem deteksi kelainan jantung. Hal tersebut karena sistem ini berhubungan erat dengan nyawa manusia. Banyak faktor yang mempengaruhi tingkat akurasi. Proses perekaman sinyal oleh sensor juga turut mempengaruhi performa sistem. Beberapa algoritma deteksi memang memiliki akurasi yang sudah lumayan tinggi namun hanya untuk sinyal EKG clean yang diambil dari database. Sedangkan pada realitanya, implementasi sistem deteksi mengambil sinyal EKG dari tubuh pasien melalui sensor EKG. Kualitas sinyal EKG hasil dari perekaman secara langsung pada tubuh pasien tidak selalu sempurna sinyal EKG pada database, karena terkadang ada noise yang muncul pada saat perekaman sinyal EKG. Hal tersebut masih belum banyak diantisipasi oleh para peneliti dalam merancang sistem deteksi sinyal EKG. Peneliti pernah melakukan analisis proses denoising sinyal EKG menggunakan algoritma Wavelet dengan jenis terbatas [10]. Penggunaan Wavelet jenis Daubechies dan symlet mampu mereduksi noise pada sinyal EKG, namun masih dengan performa yang belum maksimal. Jenis Wavelet yang diujicobakan baru sebatas tiga jenis Wavelet. Melihat latar belakang tersebut, dalam penelitian ini dikembangkan sistem monitoring kesehatan jantung menggunakan sinyal EKG melalui pengembangan algoritma kombinasi algoritma Neural Network dan Wavelet dengan analisis jenis wavelet yang kompleks (15 tipe wavelet). Selain itu dilakukan juga pengembangan hardware dan software monitoring serta prosedur pelaksanaan monitoring kesehatan jantung pasien oleh tenaga medis menggunakan alat hasil pengembangan.

## 2. Metode

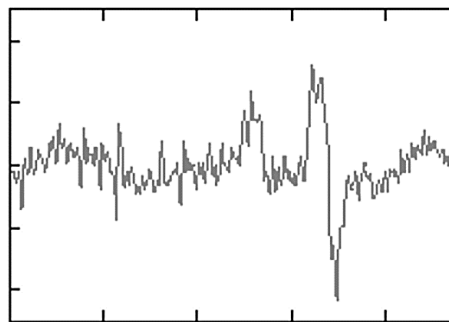
### 2.1. Pengembangan Algoritma Tahan Noise

Sistem monitoring kesehatan jantung melalui beberapa tahapan dalam memonitoring kondisi jantung. Hasil output sistem deteksi berupa keterangan kondisi kesehatan jantung manusia (normal dan abnormal). Pada penelitian ini dataset yang digunakan mengacu pada penelitian sebelumnya [10] yaitu diambil dari PTB Diagnostic EKG Database. Dalam pengembangan algoritma sistem deteksi pada penelitian ini data sinyal EKG selanjutnya dibagi menjadi dua bagian, yaitu data pelatihan dan data uji. Sebanyak 11641 data digunakan sebagai data pelatihan dan 2911 data sebagai data uji [10]. Tahapan rancangan sistem dalam mendeteksi sinyal EKG pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 1.



**Gambar 1.** Tahapan sistem deteksi sinyal EKG

Secara umum sistem deteksi sinyal EKG melalui tahapan perekaman input sinyal, pemrosesan awal, dan klasifikasi sehingga menghasilkan output hasil deteksi. Pemrosesan awal dilakukan dengan memotong sinyal EKG sehingga menghasilkan dimensi yang seragam. Selain itu dalam pemrosesan awal, dilakukan pemotongan sinyal diam sehingga output dari proses ini menghasilkan sinyal informasi mentah yang utuh. Normalisasi juga dilakukan pada pemrosesan awal, yang bertujuan untuk menyeramkan skala dari sinyal EKG. Hal ini dilakukan karena ada beberapa sinyal EKG memiliki rentang nilai minimal dan maksimal magnitud yang menyimpang dari nilai rata-rata. Pada penelitian ini metode klasifikasi ANN dikombinasikan dengan Wavelet sebagai metode denoising sinyal EKG. Hal ini bertujuan untuk membangun sistem deteksi yang tahan noise. Dalam sistem klasifikasi sinyal EKG, sinyal yang mengandung noise akan sangat mempengaruhi hasil deteksi. Hal tersebut dikarenakan sistem klasifikasi sangat rentan terhadap noise yang mengganggu sinya informasi. Terlihat pada Gambar 2, sinyal EKG yang mengandung noise mengakibatkan pola sinyal EKG menjadi tidak bisa diidentifikasi.



**Gambar 2.** Sinyal EKG mengandung noise

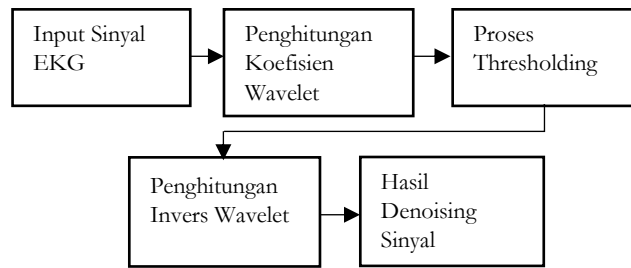
Penggunaan algoritma Wavelet menjadi bagian penting dalam pengembangan sistem yang tahan noise. Persamaan dasar dari transformasi wavelet ditunjukkan pada persamaan (1) [11].

$$\Psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \Psi \left[ \frac{t-b}{a} \right] \quad (1)$$

variabel  $\Psi(t)$  adalah *mother wavelet*, dengan  $a$  bernilai positif yang menunjukkan skala parameter Wavelet serta  $b$  bilangan riil yang merepresentasikan *time shift* dalam sinyal Wavelet. Nilai  $1/\sqrt{a}$  digunakan untuk mengatur skala fungsi wavelet. Proses denoising dirancang menggunakan Wavelet dengan mengujicobaan beberapa tipe Wavelet. Tipe Wavelet Daubechies yang diujicobakan adalah Daubechies 2, Daubechies 3, Daubechies 4, Daubechies 5, dan Daubechies 6. Tipe Wavelet Symlet yang diujicobakan pada penelitian ini adalah Symlet 2, Symlet 3, Symlet 4, Symlet 6, dan Symlet 8. Sedangkan untuk tipe Coiflet digunakan Coiflet 1, Coiflet 2, Coiflet 3, Coiflet 4, dan Coiflet 5. Untuk parameter lain pada metode Wavelet pada proses denoising menggunakan parameter standar yang banyak digunakan peneliti sebelumnya, diantaranya adalah level dekomposisi sebesar 5 dan metode *soft thresholding* sesuai pada persamaan (2) [12].

$$y_{\text{soft}}(t) = \begin{cases} \text{sgn}(x(t)) \cdot (|x(t) - \delta|), & |x(t)| > \delta \\ 0, & |x(t)| < \delta \end{cases} \quad (2)$$

dengan  $x$  sinyal yang mengandung *noise*,  $\delta$  adalah *threshold* wavelet, dan  $y$  adalah estimasi nilai output sinyal hasil *thresholding*. Secara umum proses denoising pada penelitian ini mengacu pada tahapan umum penggunaan Wavelet sebagai denoising sinyal, seperti ditunjukkan pada gambar 3.

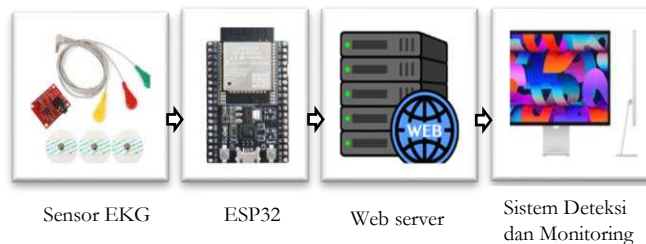


**Gambar 3.** Proses denoising Wavelet

Output sinyal hasil proses denoising akan dimasukkan dalam proses klasifikasi menggunakan ANN dan output deteksi berupa kondisi sinyal EKG yang menggambarkan keadaan jantung normal atau abnormal. Pada algoritma ANN, neuron disusun dalam beberapa lapisan (layer). Parameter algoritma ANN menggunakan acuan nilai standar yang digunakan oleh peneliti-peneliti sebelumnya [10]

## 2.2. Pengembangan Hardware

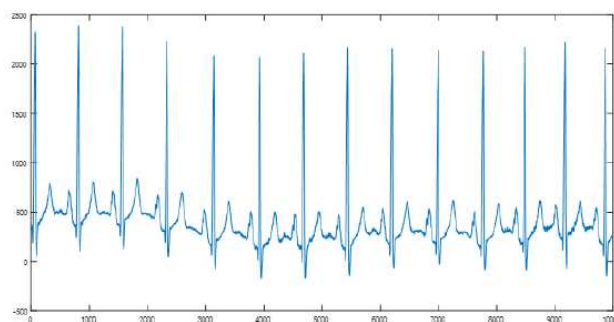
*Internet of Things (IoT)* diintegrasikan dalam perancangan *hardware*. IoT dapat digunakan untuk memperluas fungsi koneksi internet yang dapat terhubung secara real time [13]. Hardware sistem deteksi terdiri dari bagian sensor, mikrokontroler, adaptor dan server ditambah dengan software monitoring. Sensor yang digunakan adalah AD8232 sebagai sensor yang berfungsi merekam sinyal EKG pada tubuh manusia melalui elektroda-elektroda yang tersedia. Sensor yang digunakan pada penelitian ini adalah AD8232 yang terdiri dari biomedical pads dan board pengolah sinyal sehingga sinyal keluarannya dapat dibaca langsung oleh mikrokontroler. ESP32 adalah seri mikrokontroler system on chip berharga murah dan berdaya rendah yang terintegrasi dengan Wi-Fi dan Bluetooth dual – mode. Fitur utama yang digunakan dari ESP32 ini adalah koneksi Wi-Fi sehingga ESP32 dapat mengirim dan menerima data dari internet melalui jaringan wireless, sedangkan untuk monitoring data menggunakan website dan juga device android. Skematik keseluruhan perangkat keras pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Bagan Hardware sistem monitoring

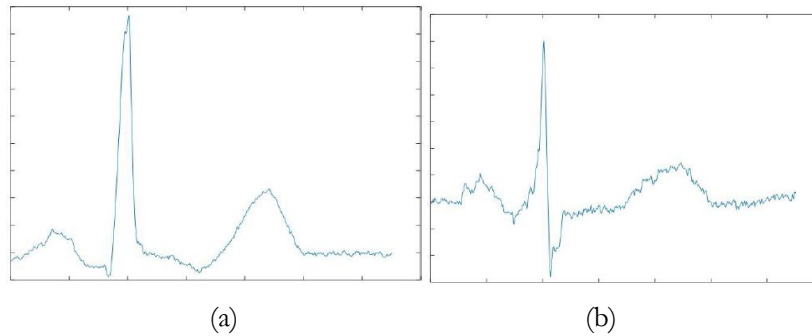
## 3. Hasil dan Pembahasan

Data penelitian yang digunakan pada penelitian ini merupakan kumpulan sinyal EKG yang diambil dari database Physikalisch Technische Bundesanstalt (PTB) Diagnostic EKG. Total seluruh data berjumlah 1.4552 sinyal dengan dua kategori kelas yaitu kondisi jantung normal dan abnormal (Myocardial Infarction). Frekuensi sampling yang digunakan adalah 125 Hz dan seluruh data dipotong dengan dimensi data yang sama. Gambar 5 menunjukkan tampilan sinyal EKG yang diambil pada panjang data tertentu.



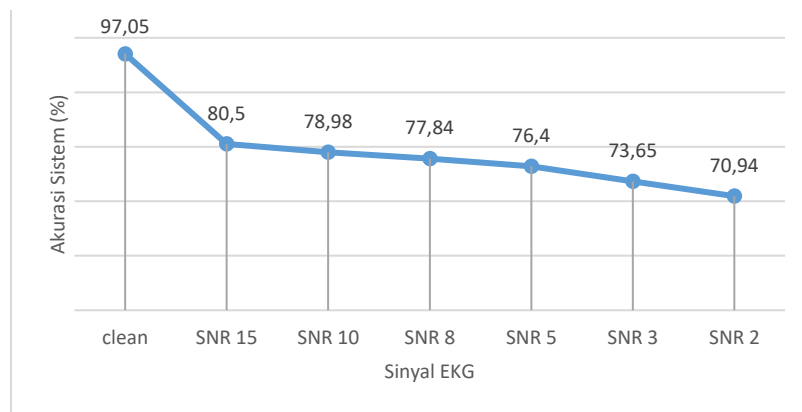
**Gambar 5.** Snyal EKG

Sebelum dimasukkan dalam machine learning, data sinyal EKG terlebih dahulu dilakukan pemrosesan awal (*preprocessing*). Dalam proses ini, seluruh data sinyal EKG dipotong sebanyak satu siklus sinyal EKG seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Data sinyal EKG yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua kondisi (kelas) seperti yang ditunjukkan pada gambar 6, yaitu kondisi jantung normal dan abnormal. Selain itu data sinyal EKG juga dilakukan proses normalisasi data yang bertujuan untuk menyelaraskan data dengan rentang nilai (minimum dan maksimum) yang sama. Selanjutnya data hasil normalisasi dilakukan proses filtering untuk menghilangkan derau/noise yang ada pada sinyal EKG.



**Gambar 6.** Sinyal EKG hasil *preprocessing* (a) normal dan (b) abnormal

Sistem deteksi kelainan jantung terdiri dari beberapa proses. Pemrosesan awal yang sebelumnya telah dilakukan merupakan awal dari tahapan pada sistem deteksi. Proses selanjutnya adalah ekstraksi fitur dan klasifikasi. Pada beberapa metode, proses ekstraksi fitur dan klasifikasi dilakukan menggunakan satu metode yang sama. Dalam penelitian ini metode ANN digunakan untuk proses ekstraksi fitur sekaligus sebagai metode klasifikasi. Namun sebelum dilakukan proses ekstraksi fitur dan klasifikasi, terlebih dahulu dilakukan proses denoising menggunakan metode Wavelet. Proses denoising bertujuan untuk menghilangkan sinyal gangguan/noise yang dapat berakibat pada penurunan performa sistem deteksi apabila disertakan dalam proses klasifikasi. Gambar 7 menunjukkan data hasil penelitian mengenai pengaruh noise terhadap performa sistem deteksi. Pengujian untuk mengetahui pengaruh noise terhadap sistem deteksi dilakukan dengan menambahkan sinyal noise secara sengaja pada data sinyal EKG dengan beberapa variasi intensitas rasio sinyal terhadap noise atau biasa disebut *signal to noise ratio* (SNR).



**Gambar 7.** Pengaruh noise terhadap performa sistem

Berdasarkan data penelitian pada gambar 7, terlihat bahwa noise sangat mempengaruhi performa sistem deteksi. Dalam hal ini terlihat bahwa pada sinyal clean, performa sistem deteksi mencapai akurasi 97,05%, sedangkan dengan penambahan noise pada sinyal EKG membuat performa sistem deteksi menurun. Semakin rendah nilai rasio sinyal clean terhadap noise (SNR), performa sistem deteksi semakin rendah. Untuk mengatasi pengaruh noise yang rentan muncul pada pembacaan sensor sinyal EKG, maka dilakukan proses reduksi noise menggunakan metode Transformasi Wavelet. Wavelet memiliki beberapa macam jenis dan level dekomposisi. Pada penelitian ini diujicobakan jenis Wavelet yang kompleks (Daubechies, Symlet, dan Coiflet) untuk mengetahui performa proses denoising yang maksimal pada sinyal EKG. Pengujian dilakukan dengan menambahkan noise pada dataset sinyal EKG dengan variasi SNR dari 2 sampai 15. Tabel 1 menunjukkan performa Wavelet Daubechies 2, 3, 4, 5, dan 6 dalam mereduksi noise pada sinyal EKG.

**Tabel 1.** Akurasi Sistem Deteksi dengan Algoritma Wavelet Daubechies

Signal to Noise Ratio	Recognition Accuracy (%)					
	Konvensional	Db2	Db3	db4	db5	Db6
15	80,5	76,2	78,6	82,27	83,8	76,3
10	78,9	75,7	77,6	81,72	79,4	75,5
8	77,8	74,5	76,8	79,66	75,3	75,2
5	76,4	72,5	76,2	76,92	76,7	74,6
3	73,6	71,9	75,4	76,61	73,2	74,1
2	70,9	71,9	74,9	76,23	70,1	72,3

Berdasarkan tabel 1, Daubechies 4 dan 5 memiliki performa denoising paling baik dibandingkan dengan jenis Wavelet Daubechies lainnya pada penelitian ini. Daubechies 4 dan 5 mampu memperbaiki performa sistem deteksi jika dibandingkan dengan sistem deteksi tanpa proses denoising. Selain itu berdasarkan data tersebut dapat terlihat bahwa beberapa jenis wavelet (Db2, Db3, dan Db6) kurang begitu cocok digunakan pada proses denoising karena pada nilai SNR tinggi terjadi penurunan akurasi, meskipun pada nilai SNR rendah untuk beberapa metode menghasilkan performa yang cukup baik. Sementara untuk data pengujian menggunakan tipe Wavelet lain ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 3

**Tabel 2.** Akurasi Sistem Deteksi dengan Algoritma Wavelet Symlet

Signal to Noise Ratio	Recognition Accuracy (%)					
	Konvensional	sym2	sym3	sym4	sym6	sym8
15	80,5	75,5	75	80,4	77,2	81,7
10	78,9	75,0	74,4	80,1	76,9	81,3
8	77,8	74,8	74,2	79,1	75,3	78,5
5	76,4	74,4	73,8	78,8	75,2	74,3
3	73,6	73,2	73,5	78,4	74,8	74,5
2	70,9	72,4	73,3	76,3	73,1	72,5

Berdasarkan hasil data pengujian pada Tabel 2, terlihat bahwa penggunaan Wavelet Symlet 4 dan 8 menghasilkan performa yang paling baik dibandingkan dengan tipe Symlet lainnya. Symlet 4 dan 8 terbukti mampu memperbaiki performa sistem deteksi dengan proses denoising, terlihat dari peningkatan akurasi pengenalan dibandingkan sistem tanpa proses denoising. Penggunaan tipe symlet 2, symlet 3, dan symlet 6 kurang begitu cocok pada proses denoising sinyal EKG di penelitian ini. Hal tersebut terlihat dari rata-rata akurasi pengenalan mengalami penurunan pada sistem deteksi, meskipun pada nilai SNR rendah (2 dan 3), semua metode memiliki performa yang cukup baik

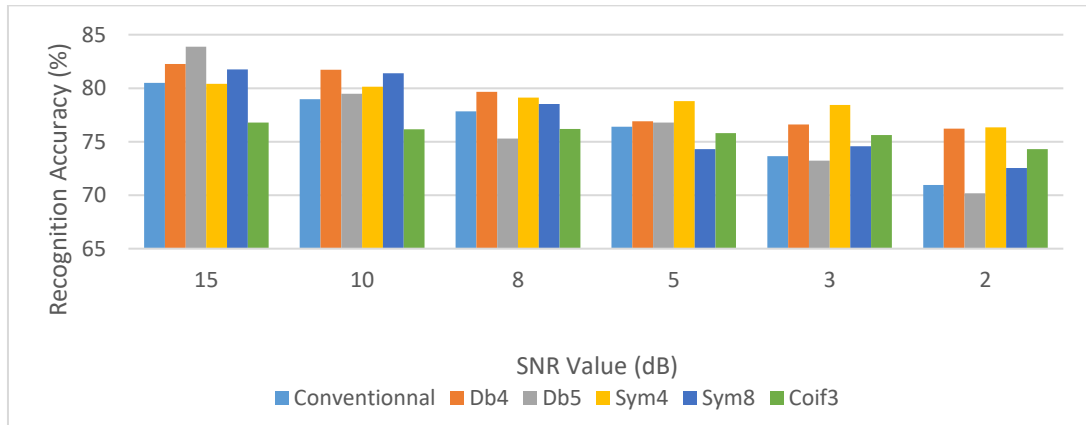
**Tabel 3.** Akurasi Sistem Deteksi dengan Algoritma Wavelet Coiflet

Signal to Noise Ratio	Recognition Accuracy (%)					
	Konvensional	Coif1	Coif2	Coif3	Coif4	Coif5
15	80,5	73,3	73,5	76,7	75,4	75,6
10	78,9	73,8	74,6	76,1	75,2	75
8	77,8	72,4	74,2	76,2	74,8	74,8
5	76,4	71,2	73,6	75,8	74,5	74,5
3	73,6	70,4	73,3	75,6	74,5	74,2
2	70,9	72,0	73,2	74,3	74,1	73,1

Tabel 3 menunjukkan data pengujian performa Wavelet Coiflet. Hasil menunjukkan bahwa semua metode wavelet Coiflet yang diujicobakan pada penelitian ini rata-rata belum mampu memperbaiki akurasi sistem deteksi pada proses denoising. Hanya pada nilai SNR rendah saja, beberapa metode terlihat mampu memperbaiki akurasi sistem deteksi. Untuk metode Coiflet terbaik dicapai oleh Coiflet 3 yang mampu memperbaiki akurasi sistem deteksi pada nilai SNR 2 dan SNR 3.



Berdasarkan hasil data pengujian sistem deteksi menggunakan metode kombinasi ANN dan Wavelet tersebut, dirangkum beberapa metode yang memiliki performa bagus dalam mendeteksi sinyal EKG. Performa metode tersebut selanjutnya dibandingkan untuk mengetahui metode sistem deteksi terbaik, ditunjukkan pada Gambar 8



**Gambar 8.** Perbandingan Akurasi Sistem Deteksi Semua Metode Berdasarkan Variasi Nilai SNR

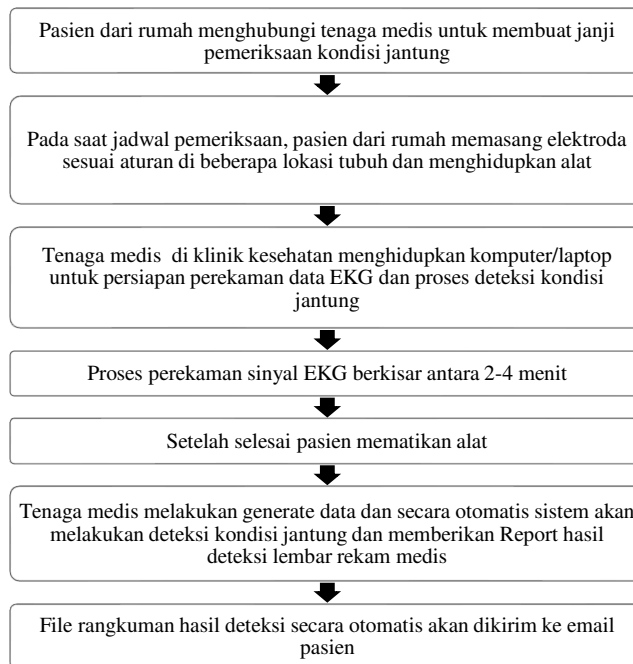
Perbandingan akurasi metode denoising menggunakan beberapa tipe wavelet yang sudah dianalisis pada tahap selanjutnya ditunjukkan pada Gambar 8. Beberapa metode kombinasi terbaik yang ditampilkan dalam grafik adalah Daubechies 4, Daubechies 5, Symlet 4, Symlet 8, dan Coiflet 3. Berdasarkan grafik tersebut, terlihat bahwa Daubechies 4 menghasilkan performa terbaik yang konsisten pada semua nilai SNR yang diujicobakan. Daubechies 4 mampu meningkatkan akurasi sistem deteksi konvensional (tanpa proses denoising) pada nilai SNR 2 sampai SNR 15. Symlet 4 juga menjadi metode yang memiliki performa yang baik pada nilai SNR tertentu. Namun pada nilai SNR 15, akurasi sistem sedikit lebih menurun (0,08%) dibandingkan dengan metode konvensional tanpa denoising. Sedangkan untuk tipe Wavelet lain belum mampu menghasilkan performa baik pada semua nilai SNR. Daubechies 5 menunjukkan performa buruk pada nilai SNR 8 (penurunan akurasi 2,54%), meskipun pada nilai SNR lain menghasilkan performa yang cukup baik. Symlet 8 menunjukkan performa yang buruk pada nilai SNR 5, sedangkan untuk Coiflet 3 hanya menunjukkan performa baik pada nilai SNR rendah (SNR 2 dan SNR 3).

Sistem monitoring juga dirancang secara hardware menggunakan konsep *Internet of Things*. Hardware sistem terdiri dari bagian sensor, mikrokontroler, adaptor dan server ditambah dengan software monitoring. Sensor yang digunakan adalah AD8232 sebagai sensor yang berfungsi merekam sinyal EKG pada tubuh manusia melalui elektroda-elektroda yang tersedia. Bagian pemroses data menggunakan WEMOS D1 ESP32 yang sudah dilengkapi dengan koneksi wifi. Sedangkan untuk bagian monitoring menggunakan computer dengan spesifikasi standar dan memiliki software web browser dan koneksi jaringan wifi



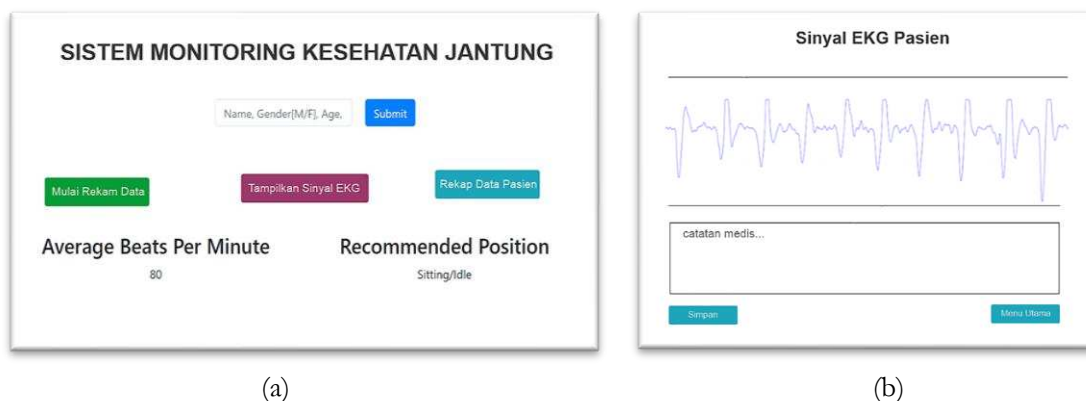
**Gambar 9.** Hardware Modul Sensor dan IoT

Teknologi *internet of things* digunakan agar memudahkan pasien untuk mengecek kondisi Kesehatan jantung tanpa harus pergi ke klinik Kesehatan. Terlebih pada saat kondisi pandemi sekarang ini yang mengakibatkan keterbatasan kegiatan yang berhubungan dengan kontak langsung antar sesama orang, termasuk antara pasien dan tenaga medis. Pasien dapat memanfaatkan alat ini untuk mengirimkan sinyal EKG jantung kepada tenaga medis di klinik Kesehatan atau dokter pribadi. Pasien yang akan melakukan monitoring kondisi jantung melalui sinyal EKG tinggal memasang elektroda dan menghidupkan alat, kemudia sinyal EKG akan secara real time terkirim ke tenaga medis yang berada di klinik Kesehatan dan sinyal EKG tersebut akan langsung diolah oleh system untuk mendeteksi adanya kelainan atau tidak. Hasil report system deteksi akan keluar dalam waktu kurang lebih 5 menit, kemudian tenaga medis dapat melakukan evaluasi terhadap hasil tersebut sebelum mengirimkan hasil report tersebut ke pasien melalui email. Prosedur penggunaan alat sistem monitoring ditunjukkan secara lengkap pada gambar 10.



**Gambar 10.** Rancangan Prosedur Penggunaan Sistem Pelayanan Pasien

Rancangan hardware sistem monitoring kesehatan jantung disinkronkan dengan rancangan software. Hardware sensor dan modul IoT ditempatkan di lokasi pasien berada, sedangkan software monitoring terdapat di lokasi tenaga medis. Tampilan awal sistem monitoring ditunjukkan pada Gambar 11 (a).

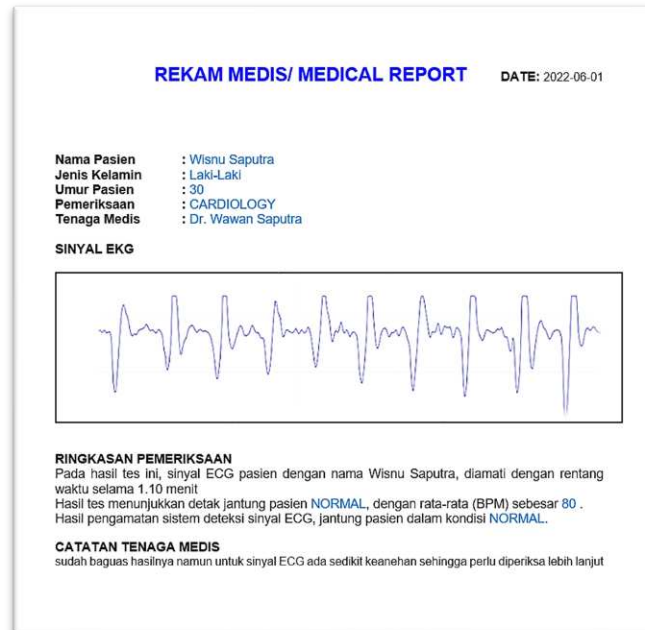


**Gambar 11.** Tampilan software (a) Awal Masuk dan (b) Sinyal EKG Pasien

Tampilan sistem monitoring digunakan tenaga medis untuk memulai perekaman data, menampilkan sinyal EKG secara *real-time*, serta merekap data kesehatan pasien. Tenaga medis juga dapat menambahkan catatan pemeriksaan pada lembar medis berdasarkan dari pengamatan sinyal EKG pasien secara manual pada display monitor. Hal ini dapat digunakan sebagai pembandingan antara hasil pemeriksaan tenaga medis



dan hasil deteksi sistem secara otomatis, terkait dengan kondisi kesehatan jantung pasien. Tampilan sinyal EKG pada saat tombol terkait ditekan ditunjukkan pada Gambar 11 (b). Setelah tenaga medis menekan tombol rekap, maka sistem secara otomatis akan menjalankan algoritma klasifikasi sinyal EKG pasien yang sebelumnya telah dikembangkan. Hasil kondisi sinyal EKG pasien akan terdeteksi sebagai jantung normal atau jantung abnormal. Data hasil deteksi kondisi kesehatan jantung, beserta dengan data pasien dan tenaga medis serta detak jantung pasien akan direkap dalam lembar *medical report* yang secara otomatis akan dikirimkan ke *e-mail* pasien. Tampilan lembar rekam medis ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Tampilan Lembar Rekam Medis

#### 4. Kesimpulan

Pengembangan sistem monitoring kesehatan jantung pasien dilakukan dengan memperbaiki performa algoritma deteksi dan merancang sistem pelayanan pasien berbasis website. Algoritma kombinasi Wavelet dan Neural Network telah berhasil diimplementasikan pada sistem monitoring kesehatan jantung. Metode denoising Wavelet daubechies dikombinasikan dengan ANN menghasilkan performa terbaik yang konsisten pada semua nilai SNR yang diujicobakan. Penggunaan algoritma Daubechies 4 mampu meningkatkan akurasi sistem deteksi konvensional (tanpa proses denoising) pada nilai SNR 2 sampai SNR 15. Symlet 4 juga menjadi metode yang memiliki performa cukup baik pada nilai SNR tertentu. Namun pada nilai SNR 15, akurasi sistem sedikit lebih menurun (0,08%) dibandingkan dengan metode konvensional tanpa denoising. Sedangkan untuk tipe Wavelet lain belum mampu menghasilkan performa baik pada semua nilai SNR. Daubechies 5 menunjukkan performa buruk pada nilai SNR 8 (penurunan akurasi 2,54%), meskipun pada nilai SNR lain menghasilkan performa yang cukup baik. Symlet 8 menunjukkan performa yang buruk pada nilai SNR 5, sedangkan untuk Coiflet 3 hanya menunjukkan performa baik pada nilai SNR rendah (SNR 2 dan SNR 3). *Hardware* sistem monitoring juga berhasil dirancang menggunakan teknologi IoT. Prosedur penggunaan alat dalam melayani pasien telah dirancang untuk memudahkan pasien dalam memantau kondisi kesehatan jantung secara jarak jauh. Sistem monitoring dirancang berbasis *website* yang memudahkan tenaga medis mengoperasikan sistem deteksi sinyal EKG. Sebagai output sistem, pasien akan mendapatkan lembar rekam medis terkait dengan kondisi kesehatan jantung lengkap dengan catatan dari tenaga medis.

### Daftar Pustaka

- [1] S. A. A. Yusuf, "Analisis Metode Ekstraksi Fitur Pada Isyarat EKG Menggunakan Discrete Wavelet Transformation dan Mel-Frequency Cepstral Coefficient," Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia, 2020.
- [2] D. A. Singh, "Oral health status, behaviours and knowledge of patients with cardiovascular disease," *Journal of Cardiovascular Disease Research*, no. 02, p. 6, 2022.
- [3] X. Zhang et al., "Automated detection of cardiovascular disease by electrocardiogram signal analysis: a deep learning system," *Cardiovasc Diagn Ther*, vol. 10, no. 2, pp. 227–235, Apr. 2020.
- [4] M. Mohamed Suhail and T. Abdul Razak, "Cardiac disease detection from ECG signal using discrete wavelet transform with machine learning method," *Diabetes Research and Clinical Practice*, vol. 187, p. 109852, May 2022.
- [5] M. S. Haleem et al., "Time adaptive ECG driven cardiovascular disease detector," *Biomedical Signal Processing and Control*, vol. 70, p. 102968, Sep. 2021.
- [6] J.-W. Ren, J. Yao, J. Wang, H.-Y. Jiang, and X.-C. Zhao, "Recognition efficiency of atypical cardiovascular readings on ECG devices through fogged goggles," *Displays*, vol. 72, p. 102148, Apr. 2022.
- [7] A. DiKer, Z. Cömert, and E. Avci, "A Diagnostic Model for Identification of Myocardial Infarction from Electrocardiography Signals," *Bitlis Eren University Journal of Science and Technology*, vol. 7, no. 2, pp. 132–139, Dec. 2017.
- [8] R. Hariri, L. Hakim, and R. F. Lestari, "Sistem Monitoring Detak Jantung Menggunakan Sensor AD8232 Berbasis Internet of Things," *InComTech*, vol. 9, no. 3, p. 164, Dec. 2019.
- [9] V. Pavithra and V. Jayalakshmi, "Feature Selection Using Adaptive Shap Boost Algorithm For Predicting Cardiovascular Disease," *Journal of Cardiovascular Disease Research*, vol. 13, no. 2, 2022.
- [10] A. Winursito, F. Arifin, A. Nasuha, A. S. Priambodo, and Muslikhin, "Design of Robust Heart Abnormality Detection System based on Wavelet Denoising Algorithm," *J. Phys.: Conf. Ser.*, vol. 2111, no. 1, p. 012048, Nov. 2021.
- [11] M. H. Jansen and P. J. Oonincx, *Second Generation Wavelets and Applications*. Springer London, 2005. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=nL0vGeErPpcC>.
- [12] J. Karam, "End Point Detection for Wavelet Based Speech Compression," *World Academy of Science, Engineering and Technology*, vol. 13, p. 4, 2008.
- [13] G. Priyandoko, "Rancang Bangun Sistem Portable Monitoring Infus Berbasis Internet of Things," *JJEEE*, vol. 3, no. 2, pp. 56–61, Jul. 2021.