

# SISTEM DETEKSI CERDAS SUARA PADA JANTUNG UNTUK PENYAKIT GAGAL KATUP JANTUNG

# Bab 1

## Pendahuluan

Salah satu penyebab utama kematian di seluruh dunia adalah penyakit jantung atau disfungsi jantung. Penyakit ini dapat diidentifikasi dengan mudah dengan variasi suara yang dihasilkan oleh aktivitas jantung. Penyakit Jantung atau yang dikenal kardiovaskular (CVD) yang diakui sebagai penyebab utama kematian di negara-negara di seluruh dunia, dan oleh karenanya, deteksi, pengobatan, dan pencegahan yang tepat waktu menjadi dasar perawatan komprehensif yang diberikan oleh seorang dokter kepada pasiennya.<sup>1</sup>Pada tahun 2015, 31% kematian global disebabkan oleh CVD, di mana 17,7 juta orang meninggal akibat penyakit jantung.

### 1.1. Latar Belakang

<sup>2</sup>Banyak penyakit jantung dapat dikenali pada tahap awal dengan menggunakan pemeriksaan suara jantung dan dengan demikian dapat ditangani lebih awal. Pola mendengarkan sistem kardiovaskular ( diagnosa auskultasi ) dapat membantu dalam diagnosis tepat waktu penyakit katup jantung (VHD), gagal jantung congestive, penyakit hipertensi, aritmia seperti fibrilasi atrium, penyakit arteri obstruktif, dan penyakit jantung struktural di antara lainnya.

Diagnosa auskultasi yang komprehensif ini membutuhkan pengalaman klinis yang penting , pengalaman dan konsentrasi keterampilan mendengarkan dari dokter atau tenaga kesehatan . Oleh karena itu, ada kebutuhan yang belum terpenuhi untuk sistem portabel untuk deteksi dini penyakit jantung. Penulis mengusulkan model prototipe sistem stetoskop digital pintar untuk memantau

suara jantung pasien dan mendiagnosis kelainan suara jantung secara waktu nyata. Sistem ini terdiri dari dua sub sistem yang berkomunikasi secara nirkabel menggunakan teknologi hemat energi (Bluetooth) : Smart Digital signal processing Stetoskop klasik/analog , dan Sistem pengambilan keputusan berbasis Kecerdasan Artifisial.

Auskultasi adalah salah satu teknik tertua, termurah, dan paling berguna dalam diagnosis penyakit jantung. Sejak penemuannya pada tahun 1816, stetoskop telah digunakan sebagai bagian dari evaluasi awal semua pasien yang dicurigai mengalami masalah jantung atau paru-paru.<sup>3</sup> Seorang dokter yang berpengalaman dapat mendiagnosis sejumlah kondisi klinis hanya dengan melakukan auskultasi awal pada dada pasien (Tilkian dan Conover, 1984). Telah ada beberapa upaya untuk menciptakan stetoskop yang ditingkatkan secara elektronik, dengan peningkatan amplifikasi suara dan tanggapan frekuensi yang lebih baik. Pendeteksian keakuratan untuk suara abnormal jantung adalah sangat penting dalam diagnose awal , karena sifat dan keberadaan suara jantung membantu diagnosis dan pengobatan atau penanganan awal pada penyakit jantung. Namun, penggunaan stetoskop standar oleh dokter untuk mendeteksi suara jantung yang tidak normal menunjukkan adanya subjektivitas penilaian yang tergantung pada pengalaman dan kemampuan pendengaran dan kemudian menyebabkan ketidakakuratan diagnosis yang dibuat berdasarkan auskultasi manusia.

Diagnosa Auskultasi telah dianggap sebagai bagian penting dari pemeriksaan fisik sejak zaman Hippocrates. Stetoskop, yang diperkenalkan oleh Laennec sekitar lebih dari dua abad yang lalu, merupakan salah satu instrumen medis pertama yang memungkinkan pemeriksaan struktur tubuh bagian dalam dan

fungsinnya. Stetoskop masih tetap menjadi alat yang dapat memberikan informasi klinis yang berpotensi dan berharga. Namun, hasil pemeriksaan tersebut sangat subjektif dan tidak dapat dibagikan dan dikomunikasikan dengan mudah, terutama karena pengalaman dan kemampuan persepsi pada pendengaran dokter, yang menyebabkan perbedaan pada penilaian diagnosa.

Pada saat ini, oleh karena kemajuan teknologi dan penemuan metode pemeriksaan lain, diagnose auskultasi tetap menjadi bagian penting dalam pemeriksaan klinis non-invasif. Teknik diagnosa auskultasi jantung bergantung pada praktik dan keterampilan profesional yang melakukannya, dan pengalaman klinis dan ini menjadi sangat penting dalam mengidentifikasi kelainan atau disfungsi pada jantung. Modifikasi Steteskop klasik menjadi digital dengan menangkap suara jantung pasien, menyaring dan mendigitalkan, dan mengirimkan suara jantung yang ditangkap oleh gawai atau mini komputer atau pemrosesan sinyal atau pesawat seluler secara nirkabel untuk memvisualisasikan suara jantung dan untuk diproses lebih lanjut untuk membuat keputusan apakah suara jantung normal atau tidak normal.

<sup>4</sup>Namun, menurut Durand (Durand dan Pibarot, 1995), pengenalan steteskop digital atau elektronik tersebut ke dalam praktik klinis tetap mempunyai hambatan antara lain oleh faktor-faktor seperti kebisingan latar belakang, suara yang tidak dikenal bagi para klinisi, karena pada bagian penyaringan sinyal pasif, analisis dan penguatan sinyal yang tidak tepat atau kekurangan material pembungkusnya yang tidak mampu meredam Tingkat kebisingan sekitar, dan desain ergonomis yang membuat hasil Analisa atau hasil suara tidak tepat. Oleh karena itu, kurang tepatnya diagnosis dapat menyebabkan pengambilan keputusan

tindakan medis yang salah arah, yang kemudian dapat menyebabkan pemberian pengobatan yang keliru dan tidak efektif.

## 1.2. Batasan dan Tujuan

Pada saat ini , perawatan kesehatan dengan digital atau disebut telemedicine menjadi pilihan sebagai dalam perawatan jarak jauh oleh karena Covid-19. Oleh karena itu berdasarkan penjelasan latar belakang sebelumnya, penulis berharap dapat menciptakan suatu alat yang menggunakan teknologi penginderaan digital cerdas untuk menangkap suara detak jantung, mempunyai sensor akustik/transduser aktif yang mampu membuang atau meredam kategori suara yang tidak diinginkan seperti noise atau suara bising, dengan menggunakan kecerdasan artifisial (AI) untuk membantu petugas kesehatan membuat diagnosa yang akurat .

Penelitian terbatas menjadi ;

1. Sistem filter atau klasifikasi aktif cerdas pada stetoskop klasik lebih optimal dan efektif yang mengubah gelombang suara menjadi sinyal listrik yang dapat diproses , diperkuat suara yang diinginkan , dengan distorsi seminimal mungkin .Atau dapat disebut mempunyai kemampuan menganalisis sinyal suara dan menyaring kebisingan yang tidak diinginkan atau menghilangkan jenis suara yang tidak diinginkan seperti kebisingan karena aktivitas lingkungan tertentu.

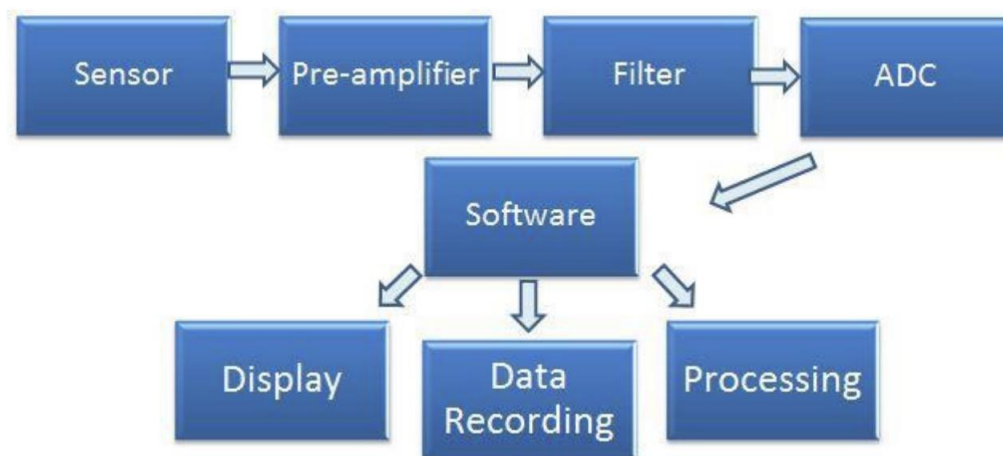
2. Metode Diagnosa Cerdas dengan Kecerdasan artifisial pada perangkat klasifikasi cerdas stetoskop klasik untuk menghasilkan prediksi awal diagnose auskultasi yang akurat pada jantung .

# Bab 3

## Metodologi

Pengenalan karakteristik suara jantung , juga dikenal sebagai auskultasi jantung,telah menjadi salah satu metode paling primitif dan populer untuk mendeteksi penyakit jantung dini dengan bantuan suara jantung abnormal. Phonocardiogram (PCG), juga dikenal sebagai suara jantung (HS), adalah grafik rekaman HS dengan bantuan alat yang disebut fonokardiograf .

Terdapat tiga keterbatasan utama dari auskultasi jantung: Pertama, persyaratan perangkat harus sangat sensitif karena suara memiliki amplitudo yang sangat rendah. Kedua, sinyal suara jantung dengan amplitudo rendah rentan terganggu oleh suara kebisingan yang mengakibatkan diagnosis yang salah. Akhirnya, keandalan teknik auskultasi terutama tergantung pada keterampilan, keahlian, dan kemampuan pendengaran dokter.



Gambar 1 : Blok Diagram Sistem Steteskop Cerdas

Agar suara jantung dapat ditampilkan dengan jelas, maka sinyal listrik yang diperoleh melalui mikrofon elektret yang terintegrasi dalam steteskop analog

direncanakan melewati preamplifier lalu menuju serangkaian filter aktif ( low-pass ;untuk mencegah aliasing, filter high-pass ;untuk mencegah suara frekuensi sangat rendah) yang dihasilkan oleh tekanan selama kontak stetoskop, secara berurutan. kemudian akan dikuantifikasi menjadi sinyal digital dengan system konverter analog-ke-digital (ADC) yang terintegrasi dalam mikrokomputer. Kemudian, sinyal digital yang mengandung noise akan ditapis dengan menggunakan filter digital yang dirancang dengan perhitungan pada MATLAB untuk mendapatkan sinyal suara seharusnya dalam modul pemrosesan sinyal digital , kemudian sampel sinyal diproses untuk ekstraksi fitur dan klasifikasi. Setelah itu, diagnosis otomatis dapat dilakukan.

### 3.1 Motivasi

Penulis mengusulkan solusi teknologi yang dibangun di atas stetoskop klasik , yang hampir tidak berubah sejak penemuannya di awal 1800-an. Alat klinis yang ada di mana-mana ini memiliki sejumlah keterbatasan. Untuk hasil terbaik, pengguna harus berada di lingkungan yang tenang, karena kebisingan latar belakang dapat dengan mudah menutupi suara halus yang berasal dari paru-paru. Diagnostik harus terlatih dengan baik dalam memposisikan peletakan steteskop pada dada dengan benar dalam menafsirkan suara. Tenaga Kesehatan harus belajar melakukannya dengan baik dan membutuhkan waktu dan bimbingan, dan bahkan para ahli pun bisa berbeda pendapat tentang apa yang mereka dengar. Itu sebabnya bahkan dokter yang berpengalaman pun lebih memilih untuk melengkapi penggunaan stetoskop dengan teknik lain, seperti rontgen dada.

Motivasinya adalah bagaimana kita dapat mengatasi keterbatasan stetoskop klasik dan memanfaatkan biaya rendah dan kemudahan dalam penggunaannya sekaligus juga kemampuan memberikan referensi Keputusan diagnose berbasis kecerdasan artifisial.

## 3.2 Framework Riset

Detak jantung dan aliran darah yang dihasilkan melalui jantung menghasilkan suara jantung yang identik. Aktivitas penutupan katup jantung yang menghasilkan suara jantung normal: penutupan katup mitral dan trikuspid menghasilkan bunyi jantung pertama (“S1”), dan penutupan katup aorta dan pulmonal menghasilkan bunyi jantung kedua atau disebut suara jantung (“S2”).

Pembukaan katup jantung biasanya tidak menghasilkan suara. Juga, aliran darah dari satu struktur jantung ke struktur lain biasanya laminar atau cenderung diam atau dikatakan di bawah normal. Masalah pada katup jantung atau otot jantung atau keduanya menyebabkan jantung tidak normal dan menimbulkan suara dan gumaman. Suara jantung (HS ) ketiga (S3) biasanya disebabkan oleh pengurangan darah secara tiba-tiba suplai dari atrium kiri ke ventrikel.

Pada anak-anak dan orang dewasa (35-40 tahun), ini normal. Namun, pada kelompok usia lain dan terutama pada kelompok usia lebih dari 40 tahun, tidak normal dan dapat berhubungan dengan disfungsi atau dapat berhubungan dengan over loading volume ventrikel . Pada suara keempat (S4) berhubungan dengan gagal jantung pada periode diastolik. Suara jantung ini bisa lebih lanjut dicirikan sebagai frekuensi S1 karena lebih kecil dari S2. Suara bernada rendah S3 dan S4



terjadi 0,1 hingga 0,2 detik setelah S2 dan sekitar 0,07 hingga 0,1 detik sebelum S1. Kemungkinan munculnya anomali suara jantung (HS) lainnya seperti murmur yang dapat dikorelasikan sebagai masalah kardiovaskular.

Bunyi jantung S1 dan S2 adalah bunyi bernada tinggi dan terdengar baik dari diafragma stetoskop. Bunyi jantung normal S1 dan S2 memiliki rentang frekuensi 50-60 Hz dan 80-90 Hz.. Suara jantung ke tiga (HS) S3 dapat didengar selama aliran darah masuk ke ventrikel dari atrium dan biasanya suara bernada rendah pra-diastolik. Ketika gagal jantung terdeteksi, S3 dapat dirujuk sebagai gejala ekstrapolatif yang buruk. S3 memiliki bandwidth 20-30 Hz . Bunyi jantung keempat (S4) terjadi pada akhir diastol, yang merupakan suara bernada rendah dan dapat ditandai dengan baik oleh bel dari stetoskop. Bunyi jantung ke empat S4 tidak terlihat selama fibrilasi atrium atau flutter . S4 yang tidak normal memiliki rentang frekuensi di bawah 20 Hz .

Dengan kemajuan teknologi elektronik baru-baru ini, stetoskop digital semakin meningkat popularitasnya . Ada berbagai jenis stetoskop digital yang memiliki telah diindustrialisasi untuk menggantikan steteskop analog atau steteskop klasik. Stetoskop digital dapat memberikan kualitas suara lebih baik dengan variasi amplifikasi , meminimalkan kebisingan interferensi, dan menyediakan media untuk visualisasi dan penyimpanan.

Stetoskop elektronik/digital masih dilengkapi dengan kabel penghubung antara bagian dada dan bagian kepala, dengan bagian dada memiliki modul nirkabel untuk ditransmisikan sinyal ke penerima seperti telepon, perekam audio digital, atau komputer untuk merekam dan mendengarkan ke suara. Penulis berusaha untuk mensistematiskan rekomendasi mengenai konstruksi sistem

digital, yang harus diperhatikan untuk mencapai rekaman dan pemrosesan suara jantung berkualitas tinggi. Sistem stetoskop digital terdiri dari sensor, yang menerima sinyal dari dada, preamplifier, untuk memperkuat suara, kemudian filter dan konverter analog ke digital. Data ditransmisikan ke komputer melalui kabel atau nirkabel. Kemudian sampel sinyal diproses untuk ekstraksi fitur dan klasifikasi. Setelah itu, diagnosis otomatis dapat dibuat.

### 3.3 Pendekatan

Sistem prototipe yang penulis ajukan terdiri dari dua sub sistem yang berkomunikasi secara nirkabel menggunakan Bluetooth teknologi energi rendah (BLE): Subsistem sensor, dan subsistem deteksi cerdas. Sensor akustik pada pertama memperoleh sinyal suara jantung dan memasukkannya ke analog-front-end (AFE), di mana akan mengalami pra-amplifikasi dan penyaringan sinyal suara jantung dan suara bising lainnya. Setelah itu, sinyalnya dikonversi oleh ADC dalam mikrokontroler atau mikro komputer dan ditransmisikan secara nirkabel ke komputer pribadi(PC) atau gawai (ponsel tangan) dimana sinyal akan diproses dan diklasifikasikan menggunakan kecerdasan artifisial.

Akuisisi sinyal suara jantung real-time, amplifikasi, penyaringan, digitalisasi, dan transmisi nirkabel dilakukan oleh sub-sistem sensor. Sensor khusus dirancang dan diimplementasikan dengan memanfaatkan stetoskop klasik atau analog atau tradisional untuk memperkuat bentuk gelombang suara jantung. Transduser atau

sensor dengan bandwidth 20–600 Hz dipilih untuk melakukan konversi suara jantung menjadi sinyal listrik. Transduser ditempatkan di tabung karet sangat dekat dgn bagian diafragma dari stetoskop.

Dari bagian transduser, sinyal diumpankan ke analog front end (AFE), dan mikrokontroler dengan Bluetooth modul energi rendah (BLE). Stetoskop yang dibuat khusus memperoleh sinyal akustik, menguatkan dan menyaring melalui AFE, dan kemudian mendigitalkan dan mengirimkan data mentah ke subsistem pengambilan keputusan. AFE diperlukan untuk mempertahankan rasio signal-to-noise (SNR) yang tinggi, dan sedikit. Sirkuit pra-penguat mengambil sinyal suara jantung yang sangat lemah dari transduser dan menguatkannya ke tingkat yang sesuai.

Sinyal suara yang telah dikuatkan akan diteruskan kepada bagian komputasi filter aktif, Dimana ARM Cortex M0 adalah contoh dari mikrokontroler yang mungkin akan dipilih oleh penulis dan memiliki built-in Bluetooth 4.0 atau modul energi rendah. ARM Cortex menggunakan program antarmuka pengguna, yang memungkinkan pengujian dan menjalankan monitoring untuk mendapatkan sinyal untuk kemudian akan diumpankan untuk bagian denoising dan amplifikasi dgn memanfaatkan algoritma perpustakaan yang ada. ARM Cortex memiliki 10-bit modul analog-to-digital (ADC), yang mampu memperoleh sinyal akustik pada sampling 500 Hz dengan resolusi 2,93 mV. Selain itu, dimensi, fitur konsumsi daya rendah, tegangan operasi 3.0 V voltage, dan modul BLE built-in membuat AFE desain yang sangat baik untuk aplikasi ini. Sensor atau transduser ditenagai dgn baterai Li-ion yang terhubung langsung melalui rangkaian Pengaturan stabilisasi

daya. Modul manajemen daya (PMM) adalah konverter boost (ke 3,3 V dan 5 V) dan micro-USB sebagai pengisi daya.

Suara jantung yang diterima melalui bluetooth dapat dikirimkan kepada gawai atau computer mini , untuk dilakukan proses klasifikasi atau prosesing signal untuk prediksi penyakit jantung . Modul pendeteksian suara jantung pada waktu nyata tergantung pada suara atau signal akustik yang telah difilter atau ditapis dgn baik sehingga mempunyai level atau rasio sinyal-ke-noise yang baik sehingga dapat dikuantisasi lalu kemudian dilakukan training pada computer .

Beberapa metode untuk meningkatkan rasio sinyal-ke-noise menggunakan filter digital dan pemrosesan sinyal, dengan tujuan mendapatkan segmentasi otomatis adalah sebagai berikut:

1. Pemfilteran Median: Metode ini menghilangkan noise impulsif (outlier) dengan mengganti nilai sinyal dengan median dari tetangganya.
2. Pemfilteran Derivative: Metode ini menggunakan turunan sinyal untuk mengidentifikasi perubahan yang signifikan dalam sinyal dan menghilangkan noise kecil yang tidak berpengaruh.
3. Pemfilteran Gaussian: Metode ini menghapus noise acak dengan menerapkan filter Gaussian pada sinyal untuk menghasilkan distribusi normal.
4. Pemfilteran Adaptif: Metode ini menggunakan pendekatan adaptif untuk memperoleh filter yang menyesuaikan karakteristik sinyal dan noise berdasarkan analisis statistik.

5. Ekstraksi Fitur Spektral: Metode ini melibatkan penggunaan transformasi Fourier atau metode pengolahan spektral lainnya untuk mengidentifikasi komponen sinyal yang relevan dan isolasi dari noise.

Dengan menggunakan metode-metode di atas, pengolahan sinyal dan filter digital aktif dapat membantu meningkatkan rasio sinyal-ke-noise, yang pada gilirannya mendukung segmentasi otomatis.

Pada Kesimpulannya ,dengan sistem yang dirancang ini, penulis berharap dapat melakukan pra-diagnosis penyakit jantung dalam waktu singkat tanpa mengekspos pasien pada pemeriksaan terperinci dan prosedur tambahan. Sementara petugas kesehatan yang sesuai mendengarkan suara jantung, di sisi lain, mereka dapat memeriksa informasi anomali jantung terkait di layar sehingga membuat diagnosis awal lebih mudah. Pemeriksaan terperinci (EKG, angiografi, dll) dapat dilanjutkan sesuai dengan pra-diagnosis ini. Penting untuk mengembangkan sistem bantu, terutama untuk mengurangi beban dokter berpengalaman, untuk membantu dokter yang tidak berpengalaman dan untuk menghemat waktu. Dalam penelitian ini, penulis mengharapkan suara jantung dapat secara otomatis didiagnosis apakah ada anomali di jantung atau tidak. Sistem ini dapat diintegrasikan ke dalam platform seluler dengan mengembangkan aplikasi untuk platform seluler. Yang terakhir tetapi tidak kalah pentingnya, filter di unit pemrosesan sinyal analog dapat dihapus dan diimplementasikan secara digital dengan komputer tertanam.