

<https://www.overleaf.com/project/5f93cba11265270001b3f94f>

Studi Metode Seleksi Fitur untuk Mendeteksi Kelainan Katup Jantung Menggunakan Phonocardiogram(PCG)

Proposal Tugas Akhir

Kelas TA SMD

Wino Rama Putra

NIM: 1301174696



Program Studi Sarjana Teknik Informatika

Fakultas Informatika

Universitas Telkom

Bandung

2020

Lembar Persetujuan

**Studi Metode Seleksi Fitur untuk Mendeteksi Kelainan Katup
Jantung Menggunakan Phonocardiogram(PCG)**

*Study of Feature Selection Methods to Detect Heart Valve
Abnormalities Using a Phonocardiogram (PCG)*

**Wino Rama Putra
NIM: 1301174696**

Proposal ini diajukan sebagai usulan pembuatan tugas akhir pada
Program Studi Sarjana Teknik Informatika
Fakultas Informatika Universitas Telkom

Bandung, 29 November 2020
Menyetujui

Calon Pembimbing 1

Calon Pembimbing 2

Satria Mandala, PhD
NIP: 16730040

dr. Miftah Pramudyo, Sp.JP
NIP: 198504162016043001

Abstrak

Valvular Heart Disease (VHD) adalah salah satu jenis penyakit jantung yang dipicu oleh kegagalan atau kelainan pada salah satu atau lebih dari keempat katup jantung yang mengakibatkan sulitnya peredaran darah antar ruangan atau pembuluh darah jantung. Beberapa tahun terakhir ini telah banyak diajukan metode untuk melakukan deteksi terjadinya VHD. Dengan kemajuan teknologi yang pesat ini, untuk mendeteksi kelainan tersebut bisa menggunakan teknologi *telemedicine*. Pada umumnya metode deteksi ini menganalisis sinyal EKG (Elektrokardiogram) namun paper ini menganalisis sinyal PCG (Phonocardiogram) dari pasien. Ada 3 tahapan dalam mendeteksi VHD, yaitu *denoising*, ekstraksi ciri beserta seleksi fitur dan klasifikasi sinyal PCG. Nilai akurasi yang diperoleh dari keseluruhan proses deteksi sangat dipengaruhi oleh algoritma pada tahap ekstraksi ciri dan metode seleksi fitur. Oleh karena itu pemilihan algoritma ekstraksi ciri dan metode seleksi fitur yang tepat menjadi penting. Dari sekian banyak literatur yang mengusulkan metode deteksi VHD, banyak diantaranya menggunakan algoritma ekstraksi ciri beserta metode seleksi fitur yang masih memberikan akurasi deteksi rendah. Dipihak lain pengembangan *prototype* deteksi VHD juga masih jarang dilakukan. *Prototype* deteksi VHD yang ada pun masih memiliki nilai akurasi yang rendah. Untuk menyelesaikan masalah-masalah di atas, tugas akhir ini mengusulkan pengembangan algoritma ekstraksi ciri beserta metode seleksi fitur yang mendukung peningkatan akurasi deteksi VHD. Di samping itu *prototype* berdasarkan algoritma dan metode yang diusulkan juga dikembangkan. Yang tidak kalah penting tugas akhir ini juga melakukan analisis terhadap akurasi deteksi *prototype* yang diusulkan. Metode yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah 1. Studi literatur tentang deteksi VHD, 2. Pengembangan algoritma ekstraksi ciri beserta metode seleksi fitur, 3. Pengembangan *prototype*, 4. Pengujian performansi dan analisis. Hasil pengujian performansi menunjukkan bahwa algoritma beserta metode yang diusulkan berhasil mencapai rata-rata akurasi ...% dan spesifisitas ...%. Selain itu *Prototype* yang dikembangkan juga dapat melakukan deteksi VHD secara *real time*.

Kata Kunci: VHD, PCG, Ekstraksi Ciri, Seleksi Fitur.

Daftar Isi

Lembar-Persetujuan	i
Abstrak	ii
Daftar Isi	iii
I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	1
1.3 Pernyataan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Batasan Masalah	2
1.6 Hipotesis	2
1.7 Sistematika Penulisan	3
II Kajian Pustaka	4
2.1 Penelitian Terkait	4
2.2 Phonocardiogram (PCG)	15
2.3 Valvular Heart Disease (VHD)	15
2.4 Ekstraksi Ciri	16
2.5 Seleksi Fitur	16
2.6 Ringkasan	16
III Metodologi dan Desain Sistem	17
3.1 Metode Penelitian	17
3.1.1 Framework Penelitian	17
3.1.2 Metodologi untuk Mencapai Tujuan Penelitian	19
3.1.3 Analisis Kebutuhan Sistem	23
3.1.4 Data	23
3.1.5 Metrik Uji	23
3.1.6 Metode Pengujian	24
3.1.7 Perbandingan Hasil Penelitian	26
3.2 Desain Sistem	26
3.3 Ringkasan	26

IV Hasil dan Pembahasan	28
4.1 Hasil Pengujian	28
4.1.1 Hasil Algoritma Ekstraksi Ciri (Zero Crossing Rate(ZCR), Spectral Centroid(SC), Mel-Frequency Cepstral Coefficients(MFCCs)	28
4.2 Pembahasan	32
4.3 Ringkasan	33
V Kesimpulan dan Saran	34
5.1 Kesimpulan	34
5.2 Saran	34
Daftar Pustaka	35
Lampiran A	37
Lampiran B	38

Bab I

Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Penyakit Katup Jantung (Valvular Heart Disease / VHD) adalah kondisi dimana katup jantung mengalami kegagalan atau kelainan. Pada manusia, terdapat 4 bagian katup jantung yaitu katup mitral, katup trikuspidal, katup pulmonal dan katup aorta. Keempat katup ini membuka dan menutup selama proses sirkulasi. Tenaga medis telah menggunakan stetoskop untuk mendengarkan suara yang dihasilkan dari mekanisme kerja jantung. *Phonocardiogram* (PCG) adalah rekaman grafik dalam bentuk gelombang dan menampilkan suara jantung yang diperoleh dengan stetoskop yang bisa dimanfaatkan sebagai informasi untuk mengidentifikasi penyakit katup jantung, dan kelainan jantung lainnya.

Dengan berkembangnya teknologi *telemedicine*, pendeteksian penyakit katup jantung semakin mudah. Perkembangan ilmu pengetahuan khusus machine learning diharapkan semakin canggih dan memberi akurasi yang meningkat bahkan sempurna. Dari beberapa riset sebelumnya, akurasi dari ekstraksi ciri beserta seleksi fitur masih rendah maka tugas akhir ini akan melakukan riset algoritma ekstraksi ciri beserta seleksi fitur supaya terjadinya peningkatan akurasi. Akurasi yang tinggi bersifat memudahkan pendeteksian penyakit katup jantung.

Selain masalah algoritma beserta metode, pengembangan *prototype* deteksi VHD juga masih jarang dilakukan. Oleh karena itu, tugas akhir ini akan mengembangkan *prototype* pendeteksian VHD. Dengan rendahnya performansi pengembangan *prototype* deteksi VHD, maka riset dari tugas akhir ini diharapkan meningkatkan performansi dari pengembangan *prototype* deteksi VHD.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana melakukan studi algoritma ekstraksi ciri beserta metode seleksi fitur terbaik untuk meningkatkan akurasi deteksi VHD?

2. Bagaimana mengembangkan *prototype* deteksi VHD berdasarkan algoritma ekstraksi ciri beserta seleksi fitur terbaik?
3. Bagaimana melakukan analisis performansi *prototype* yang dikembangkan?

1.3 Pernyataan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat disimpulkan terdapat permasalahan pada algoritma ekstraksi ciri beserta metode seleksi fitur dan deteksi yang sudah ada sebagai berikut :

1. Algoritma ekstraksi ciri beserta metode seleksi fitur yang ada masih menghasilkan akurasi deteksi yang rendah
2. Pengembangan *prototype* deteksi VHD masih jarang dilakukan
3. Performansi dari pengembangan *prototype* deteksi VHD masih rendah

1.4 Tujuan

1. Melakukan studi algoritma ekstraksi ciri beserta metode seleksi fitur terbaik untuk meningkatkan akurasi deteksi VHD
2. Mengembangkan *prototype* berdasarkan algoritma ekstraksi ciri beserta metode seleksi fitur terbaik
3. Melakukan analisis performansi *prototype* yang dikembangkan

1.5 Batasan Masalah

Berikut adalah ruang lingkup yang ada pada penulisan tugas akhir ini :

1. Bagian yang dikerjakan hanya ekstraksi ciri dan seleksi fitur.
2. Hanya mendeteksi jenis penyakit VHD
3. Pengujian hanya dilakukan menggunakan algoritma ekstraksi ciri Zero Crossing Rate (*Time Domain*), Spectral Centroid (*Frequency Domain*), Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCCs) (*Time-Frequency Representation*), dan beserta metode seleksi fitur Feature Importance *Filter based*, *Wrapper-based*

1.6 Hipotesis

1. Algoritma ekstraksi ciri beserta metode seleksi fitur yang diusulkan dalam penelitian ini menghasilkan akurasi yang tinggi untuk deteksi VHD.
2. Performansi algoritma dari *prototype* yang dikembangkan lebih akurat dibanding yang sudah ada

1.7 Sistematika Penulisan

Tugas Akhir ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

- **BAB I Pendahuluan.** Bab ini membahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, dan tujuan pengerjaan Tugas Akhir ini.
- **Bab II Kajian Pustaka.** Bab ini membahas fakta dan teori yang berkaitan dengan perancangan sistem untuk mendirikan landasan berfikir. Dengan menggunakan fakta dan teori yang dikemukakan pada bab ini penulis menganalisis kebutuhan akan rancangan arsitektur sistem yang dibangun.
- **BAB III Metodologi dan Desain Sistem.** Bab ini menjelaskan metode penelitian, rancangan sistem dan metode pengujian yang dilakukan dalam penelitian.

Bab II

Kajian Pustaka

Bab ini menjelaskan riset terkait tugas akhir dan landasan teori pendukung yang digunakan. Riset Terkait diuraikan di Sub Bab 2.1, sedangkan landasan teori dapat ditemukan pada Sub Bab 2.3. Ringkasan disajikan pada bagian terakhir dari Bab 2.

2.1 Penelitian Terkait

Berikut adalah 15 penelitian terkait yang sudah dipublikasikan sejak tahun 2015 sampai sekarang.

Nabih-Ali, El-Dahshan and Yahia (2017) mengusulkan algoritma untuk mendiagnosis penyakit jantung berdasarkan PCG. Dengan menerapkan metode DWT (Discrete Wavelet Transform) sebagai ekstraksi ciri dan ANN (Artificial Neural Network) sebagai klasifikasinya, penelitian dengan memanfaatkan 170 Signals Database PASCAL dan memperoleh akurasi 97%.

Martinek, Nedoma, Fajkus, Kahankova, Konecny, Janku, Kepak, Bilik and Nazeran (2017) melakukan penelitian algoritma ekstraksi ciri berbasis phonocardiogram untuk pemantauan denyut jantung. Dengan memanfaatkan algoritma LMS (Least Mean Square) memperoleh kisaran akurasi S^+ bernilai 89% - 97%, untuk PPV bernilai 96% - 98%. Dan untuk algoritma NLMS (Normalized Least Mean Square) dengan rasio akurasi untuk S^+ berkisar 95% - 98%, untuk PPV akurasi berada di kisaran 97% - 98%.

Ratnasari et al. (2017) juga melakukan penelitian berbasis phonocardiogram dengan pemanfaatan metode Wavelet Transform sebagai ekstraksi ciri, dengan wavelet daubechies orde 10 untuk proses ekstraksi ciri dekomposisi 3 tingkat dan filtering sinyal. Klasifikasi sinyal suara jantung menggunakan Artificial Neural Network (ANN) backpropagation dengan struktur 8 neuron input, 8 neuron tersembunyi dan 6 neuron output. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil bahwa presentase akurasi Artificial Neural Network (ANN) mengenali semua jenis suara jantung sebesar 100% dari 20 sampel uji.

Jabbar (2017) penelitian ini juga melakukan prediksi penyakit jantung dengan menggunakan metode seleksi fitur *Filter*, *Wrapper*, Hybrid approaches

untuk seleksi fitur dan PSO(Particle Swarm Optimization) sebagai algoritmanya. Adapun proses klasifikasinya menggunakan algoritma KNN(K-Nearest Neighbor). Untuk hasil performansi akurasi mencapai 100%.

Tang, Dai, Jiang, Li and Liu (2018) penelitian ini mengusulkan metode multi domain untuk ekstraksi ciri dan support vector machine (SVM) untuk mengklasifikasikan rekaman suara jantung normal dan abnormal. Dengan pemanfaatan data disediakan oleh PhysioNet / CinC Challenge 2016, 515 fitur yang di seleksi, hasil performansi penelitian ini mencapai 87% - 88%.

Varghees, Ramachandran and Soman (2018) riset ini melakukan pengenalan suara jantung fundamental dan menganalisis otomatis suara jantung. Dengan menggunakan metode ekstraksi ciri Wavelet-based yang mengusulkan fitur morphological and interval features. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan HSD mencapai sensitivitas rata-rata (Se) 98,87%, prediktivitas positif (Pp) 97,50% dengan tingkat kesalahan deteksi 3,67% untuk sinyal PCG dengan rasio signal-to-noise 10 dB, dan mengungguli metode HSD yang ada. Metode FHSR yang diusulkan mencapai Se 99.00%, Sp 99.08% dan akurasi keseluruhan 99.04% pada sinyal PCG normal dan abnormal.

Ningsih (2018) penelitian ini mengusulkan metode ekstraksi ciri Continuous Wavelet Transform (CWT) berbasis phonocardiogram untuk identifikasi sinyal suara jantung. Dengan menggunakan S1(suara jantung pertama), S2(suara jantung kedua), dan murmur pada siklus suara jantung. Dari hasil percobaan yang dilakukan pada interval rata-rata S1 dan S2 dengan selang waktu cuplik jantung dalam keadaan normal 8kHz, 44.1kHz dan 48kHz selama 0.26s, interval rata – rata S2 ke S1 selama 0.53s, interval rata – rata S1 ke S1 selama 0.83s dan interval rata – rata S2 ke S2 selama 0.83s.

Hu, Lv, Liu and Chen (2018) juga melakukan riset pengenalan suara jantung dengan pembelajaran fitur Unsupervised Feature dan Autoencoder sebagai klasifikasinya. Untuk hasil performansinya dari tingkat model klasifikasi 2 kelas mencapai akurasi 99,48% dan untuk performansi dari tingkat model klasifikasi 7 kelas mencapai akurasi 98,55%.

Li, Wang, Liu, Wang, Li, Tang, Yao and Zhang (2019) riset berbasis pemanfaatan phonocardiogram dan electrocardiogram dengan dual-input neural network yang terintegrasi dengan ekstraksi ciri dan deep learning. Dengan menggabungkan kedua sinyal pcg dan ekg untuk peningkatan performansi. Untuk ekstraksi ciri ekg menggunakan fitur time, frequency dan fitur time-frequency. Dan untuk pcg menggunakan fitur energy, entropy dan fitur kurtosis. Hasil terbaik diperoleh dengan akurasi, sensitivitas, spesifisitas, dan rata-rata masing-masing 95,62%, 98,48%, 89,17%, dan 93,69%.

Saraf, Baek, Wasko, Zhang, Zheng, Borgstrom, Mahajan and Kaiser (2019) penelitian yang juga berbasis phonocardiogram dengan pemanfaatan algoritma noise subtraction, heartbeat segmentation, dan quality assurance untuk ekstraksi ciri. Pengujian dilakukan pada 96 pasien yang menunjukkan berbagai

kondisi jantung dan non-jantung. Dengan hasil performansi sistem berupa sensitivitas 92% dan spesifisitas 95%.

Bibrity, Jahan, Khan et al. (2019) riset ini menunjukkan hasil dari ekstraksi ciri yang dengan klasifikasi diantaranya Naive Bayes, Neural Network, Decision Tree, SVM, Logistic Regression and Nearest Neighbor. Dan menggunakan 193 fitur yang di ekstrak dengan STFT(Sequence of Fourier Transforms), MFCCs(Mel-Frequency Spectrum), Chroma, Mel-spectrogram, Contrast, Tonnetz. Untuk hasil performansinya bernilai 73% - 83%.

Li, Liu, Zhao, Kong, Dong, Liu and Hui (2019) penelitian ini berbasis phonocardiogram dengan algoritma ekstraksi ciri DAE(Autoencoder), algoritma MFCC untuk pendeteksian suara jantung. Menggunakan klasifikasinya 1D CNN yang memperoleh hasil performansi 99,01%.

Chowdhury, Poudel and Hu (2020) riset ini mengusulkan algoritma Time-Frequency Analysis yang berbasis DWT untuk ekstraksi ciri. Untuk klasifikasinya menggunakan Deep Neural Network (DNN). Hasil performansi secara keseluruhan yaitu 97.10%.

Spencer, Thabtah, Abdelhamid and Thompson (2020) penelitian ini melakukan riset untuk memprediksi penyakit jantung. Dengan Chi-squared sebagai seleksi fitur dan BayesNet sebagai klasifikasinya. Hasil performansi penelitian ini mencapai 85%.

El-Dahshan, Ali and Yahiea (2020) juga melakukan riset analisis sinyal berbasis phonocardiogram untuk mendiagnosis penyakit jantung. Riset ini menggunakan algoritma DWT(Discrete Wavelet Transform) untuk ekstraksi ciri dan ANN sebagai klasifikasinya. Hasil riset ini memperoleh performansi 99,89%.

Perbandingan hasil penelitian di atas dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.1: Ringkasan riset terkait

No.	Judul	Penulis / Tahun	Hasil Riset	Kelebihan	Kekurangan
1	Heart Diseases diagnosis using intelligent algorithm based on PCG signal analysis	Mohammed Ali, EL-Sayed A. El-Dahshan, dan Ashraf S. Yahia/ 2017	Algoritma untuk diagnosis penyakit jantung berdasarkan sinyal PCG.	Performansi akurasi secara keseluruhan sudah tinggi menyentuh angka 97%	Hanya terhadap 170 Signal Database PA-SCAL
2	A Phonocardiographic-Based Fiber-Optic Sensor and Adaptive Filtering System for Noninvasive Continuous Fetal Heart Rate Monitoring	Radek Jan Nedoma, Marcel Fajkus, Radana Kahankova, Jaromir Konecny, Petr Janku, Stanislav Kepak, Petr Bilikl and Homer Nazeran/ 2017	Membahas desain dan implementasi sensor serat optik noninvasif dan sistem pemrosesan sinyal adaptif yang terkait untuk pemantauan denyut jantung janin (fHR).	efisiensi penyaringan sinyal tidak dipengaruhi oleh bentuk sinyal fPCG (fisiologis atau patologis) jika dievaluasi berdasarkan parameter SNR, RMSE, S +, dan PPV.	Bidang penelitian PCG yang berhubungan dengan janin yang diukur dengan sensor ini belum dipetakan secara luas, memerlukan penelitian klinis lebih lanjut di masa mendatang.

Tabel 2.1: Ringkasan riset terkait

No.	Judul	Penulis / Tahun	Hasil Riset	Kelebihan	Kekurangan
3	RANCANG BANGUN PHONO-CARDIOGRAPHY YANG DILENGKAPI EKSTRAKSI CIRI SUARA JANTUNG MENGGUNAKAN METODE TRANSFORMASI WAVELET UNTUK MENDETEKSI KONDISI JANTUNG	Dian Kartika Ratnasari / 2017	Perancangan perangkat keras, perangkat lunak phonocardiography, preamplifier mikrofon, dan Fungsi wavelet daubechies orde 10, dan keakurasian jaringan syaraf tiruan backpropagation	Memiliki nilai akurasi yang cukup tinggi yaitu 94.73%	Pengujian hanya sedikit kondisi jantung yang dapat dideteksi, kinerja phonocardiography kurang optimal

Tabel 2.1: Ringkasan riset terkait

No.	Judul	Penulis / Tahun	Hasil Riset	Kelebihan	Kekurangan
4	Prediction of heart disease using k-nearest neighbor and particle swarm optimization	Jabbar MA / 2017	Membahas tentang prediksi penyakit jantung berdasarkan PSO dan KNN.	Algoritma bekerja sangat baik dengan akurasi 100% dengan PSO sebagai fitur seleksi.	Belum diintegrasikan pengklasifikasi tambahan dengan PSO untuk mengembangkan sistem pendukung keputusan untuk diagnosis dini penyakit jantung dan juga belum membandingkan algoritma seleksi fitur GA dan PSO untuk kumpulan penyakit jantung.
5	PCG Classification Using Multidomain Features and SVM Classifier	Hong Tang, Ziyin Dai, Yuanlin Jiang, Ting Li, dan Chengyu Liu / 2018	Menggunakan metode seleksi fitur multidomain dan support vector machine (SVM) untuk mengklasifikasi rekaman suara jantung normal dan abnormal.	Memiliki kinerja yang sangat baik dan stabil.	Perlu penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan performansi akurasi

Tabel 2.1: Ringkasan riset terkait

No.	Judul	Penulis / Tahun	Hasil Riset	Kelebihan	Kekurangan
6	Wavelet-based fundamental heart sound recognition method using morphological and interval features	V. Nivitha Varghes, K.I. Ramachandran, K.P. Soman / 2018	Pengenalan jantung fundamental (FHS) serta berperan penting dalam analisis otomatis pola suara jantung (HS).	Pengujian deteksi direkam secara real-time dan metode yang diusulkan memberikan hasil yang menjanjikan pada rekaman PCG normal dan abnormal berkualitas tinggi dan berkualitas buruk.	Perlu penelitian lebih lanjut agar memberikan hasil yang paling menjanjikan
7	EKSTRAKSI CIRI DAN IDENTIFIKASI SINYAL SUARA JANTUNG S1 DAN S2 PHONOCARDIOGRAM (PCG) MENGGUNAKAN METODE CONTINUOUS WAVELET TRANSFORM	Fitriya Ningsih / 2018	Mendiagnosis kelainan jantung menggunakan pengolahan sinyal suara jantung.	Hasil sudah baik	hanya menggunakan 3 variasi frekuensi sampling dan juga hanya Mother Wavelet Biorthogonal orde 6.8

Tabel 2.1: Ringkasan riset terkait

No.	Judul	Penulis / Tahun	Hasil Riset	Kelebihan	Kekurangan
8	Unsupervised Feature Learning for Heart Sounds Classification Using Autoencoder	Wei Hu, Jiancheng Lv, Dongbo Liu, dan Yao Chen / 2018	Metode klasifikasi HS berdasarkan autoencoder.	Metode yang diusulkan berkinerja lebih baik dari pada metode lain dalam hal akurasi.	Sistem auskultasi HS otomatis dan cerdas belum ada
9	Dual-Input Neural Network Integrating Feature Extraction and Deep Learning for Coronary Artery Disease Detection Using Electrocardiogram and Phonocardiogram	HAN LI, XINPEI WANG, CHANGCHUN LIU, YAN WANG, PENG LI, (Member, IEEE), HONG TANG, LI-ANKE YAO, AND HUAN ZHANG / 2019	Input ganda neural network dan penggunaan sinyal ECG dan PCG yang di kombinasi untuk diagnosis CAD.	Secara efektif menangkap informasi gabungan dari sinyal ECG dan PCG untuk pengenalan CAD.	Perlu pengujian atau penelitian lebih lanjut.

Tabel 2.1: Ringkasan riset terkait

No.	Judul	Penulis / Tahun	Hasil Riset	Kelebihan	Kekurangan
10	Fully-Automated Diagnosis of Aortic Stenosis Using Phonocardiogram-Based Features*	Kanav Saraf, Student Member, IEEE EMBS, Christopher I. Baek, Michael H. Wasko, Xu Zhang, Student Member, IEEE, Yi Zheng, Per H. Borgstrom, Aman Mahajan, dan William J. Kaiser, Senior Member, IEEE / 2019	Sistem diagnosis Aortic Stenosis berbasis Phonocardiography yang relevan secara klinis dengan memanfaatkan ekstraksi fitur temporal dan spektral	Performansi akurasi spesivisiti dan sensitiviti sudah tinggi	Perlu penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan hasil performansi akurasi yang sempurna
11	Heartbeat Sound Feature Extraction and Classification	Fariha Chowdhury Bibrity, Farhana Jahan, Md. Shahriar Khan / 2019	Seleksi fitur yang berbeda dari suara detak jantung dan mengukur kondisi jantung dengan menerapkan algoritma yang berbeda.	Sudah membandingkan antara algoritma klasifikasi dan fitur-fitur	Akurasi performansi masih rendah, dan pemilihan atribut belum tepat.

Tabel 2.1: Ringkasan riset terkait

No.	Judul	Penulis / Tahun	Hasil Riset	Kelebihan	Kekurangan
12	Feature extraction and classification of heart sound using 1D convolutional neural networks	Fen Li, Ming Liu*, Yuejin Zhao, Lingqin Kong, Liqian Dong, Xiaohua Liu and Mei Hui / 2019	Metode berbasis algoritma DAE(Denoising Autoencoder) dan CNN (Convolutional Neural Networks) 1 dimensi untuk mengkarakterisasi dan mengklasifikasikan PCG.	Performansi lebih baik	Belum direalisasikan.
13	Time-Frequency Analysis, Denoising, Compression, and Segmentation, and Classification of PCG Signals	MD. TANZIL HO-QUE CHOWDHURY, KHEM NARAYAN POUDEL, (Member, IEEE), dan YATING HU / 2020	Menggabungkan berbagai teknik pemrosesan sinyal dan metode pembelajaran mendalam untuk denoise, kompres, segmen, dan klasifikasi sinyal PCG secara efektif dan akurat.	Performansi lebih baik akurasi	Efisiensi algoritma segmentasi menjadi terbatasi dengan adanya sejumlah besar murmur yang tumpang tindih dengan suara jantung dan perlu penelitian atau riset lebih lanjut.

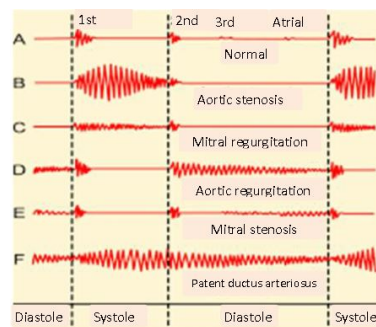
Tabel 2.1: Ringkasan riset terkait

No.	Judul	Penulis / Tahun	Hasil Riset	Kelebihan	Kekurangan
14	Exploring feature selection and classification methods for predicting heart disease	Robinson Spencer, Fadi Thabtah, Neda Abdelhamid, dan Michael Thompson / 2020	Kinerja model klasifikasi yang dihasilkan oleh algoritma ML dan berbagai metode seleksi fitur terhadap kumpulan fitur khas yang dipilih dari empat kumpulan data penyakit jantung yang umum digunakan.	Sudah membandingkan dengan model klasifikasi dan seleksi fitur lainnya	Masih diperlukannya penelitian atau riset disebabkan masih terbatas karena hanya melihat pemilihan algoritma ML dan metode seleksi fitur.
15	An Efficient Computational Approach for Phonocardiogram Signals Analysis and Normal/Abnormal Heart Sounds Diagnosis	El-Sayed A. El-Dahshan, Mohammed Nabih-Ali, dan Ashraf S. Yahia / 2020	Pendekatan cerdas untuk menangani analisis dan klasifikasi analisis sinyal akustik PCG berdasarkan fitur DWT dan pengklasifikasi ANN.	Efisiensi yang sangat besar dari pendekatan yang diusulkan (dibandingkan dengan peneliti lain).	Masih diperlukannya riset dengan banyak sampel dan pemeriksaan lebih lanjut dari kemampuan sistem akhir..

2.2 Phonocardiogram (PCG)

Menurut Nabih-Ali et al. (2017) Phonocardiogram adalah salah satu teknik non-invasif untuk mendiagnosis kondisi jantung manusia yang ditimbulkan oleh kontraksi otot dan penutupan katup jantung menghasilkan getaran yang terdengar seperti suara dan murmur, yang dapat dianalisis oleh ahli jantung yang berkualifikasi. Dan menurut Chowdhury et al. (2020) Phonocardiogram adalah alat diagnosis berbantuan komputer otomatis yang merupakan gambaran grafis dari suara jantung. Untuk mendapatkan gambaran grafis dari suara jantung diperlukan suatu mikrofon khusus yang diletakkan pada dinding dada sehingga getaran yang dihasilkan oleh jantung diterima serta direkam. Suara tersebut memberikan informasi terkait efektifitas pemompaan jantung dan aktivitas katup-katup jantung. Kemampuan menganalisis jantung dengan rekaman oleh PCG bersifat memberi informasi mengenai kondisi jantung. Oleh karena itu, PCG merupakan hal yang sangat penting dalam mendiagnosis dan pemantauan Valvular Heart Disease (VHD).

2.3 Valvular Heart Disease (VHD)



Gambar 2.1: Gambar gelombang Kelainan Katup Jantung di Phonocardiogram dari Ratnasari et al. (2017)

Menurut Boestan (2019) Valvular Heart Disease (VHD) istilah yang menggambarkan disfungsi jantung akibat abnormalitas struktur atau fungsi katup jantung. Jantung manusia terdiri dari empat katup yaitu *mitral*, *aorta*, *trikuspid*, dan *pulmonal*. Katup jantung tersebut memiliki penutup sebagai pembuka dan penutup selama proses sirkulasi.

Kelainan katup jantung dapat berupa stenosis, regurgitasi, dan atresia. Stenosis adalah kondisi dimana penutup katup mengalami penebalan, kekakuan. Hal tersebut menyebabkan katup tidak membuka sepenuhnya sehingga tidak akan cukup darah ke ruangan jantung berikutnya. Regurgitasi atau aliran balik adalah kondisi dimana penutup katup tidak menutup dengan rapat sehingga darah mengalir ke ruangan sebelumnya, bukannya mengalir ke

ruangan berikutnya. Atresia adalah kondisi dimana tidak membuka secara maksimal.

Penyebab kelainan ini adalah kelainan bawaan, faktor usia, demam reumatik, dan infeksi. Gejalanya yaitu nyeri dada, suara murmur, perut membesar, lelah, sesak napas, bengkak di kedua kaki, pusing, pingsan, dan denyut jantung tidak beraturan. Untuk kasus ringan mungkin tidak ada gejala.

2.4 Ekstraksi Ciri

Menurut Purwaningsih, Soesanti and Nugroho (2015) Ekstraksi Ciri merupakan salah satu hal penting untuk dilakukan dalam pengolahan data karena dari hasil ekstraksi ciri bisa diperoleh informasi penting mengenai karakteristik data tersebut.

2.5 Seleksi Fitur

Menurut Kustiyo, Firqiani and Giri (2011) Seleksi Fitur adalah salah satu tahapan praproses yang berguna terutama dalam mengurangi dimensi data, menghilangkan data yang tidak relevan, serta meningkatkan hasil akurasi.

2.6 Ringkasan

Ada beberapa hal yang perlu menjadi catatan dari Bab ini sebagai berikut:

1. Dari beberapa referensi yang dibaca oleh penulis, algoritma ekstraksi ciri beserta metode seleksi fitur berbasis Phonocardiogram dapat mendeteksi suara jantung dan beberapa penyakit. Hal tersebut dapat dikembangkan agar mendeteksi secara otomatis terhadap kelainan jantung dari Phonocardiogram dan juga untuk peningkatan performansi klasifikasinya pada sistem.
2. Dari beberapa referensi yang dibaca oleh penulis, referensi-referensi tersebut memiliki akurasi besar dari sama dengan 73%.
3. Dataset dari referensi yang dibaca oleh penulis pada referensi-referensi bersumber dari PhysioNet

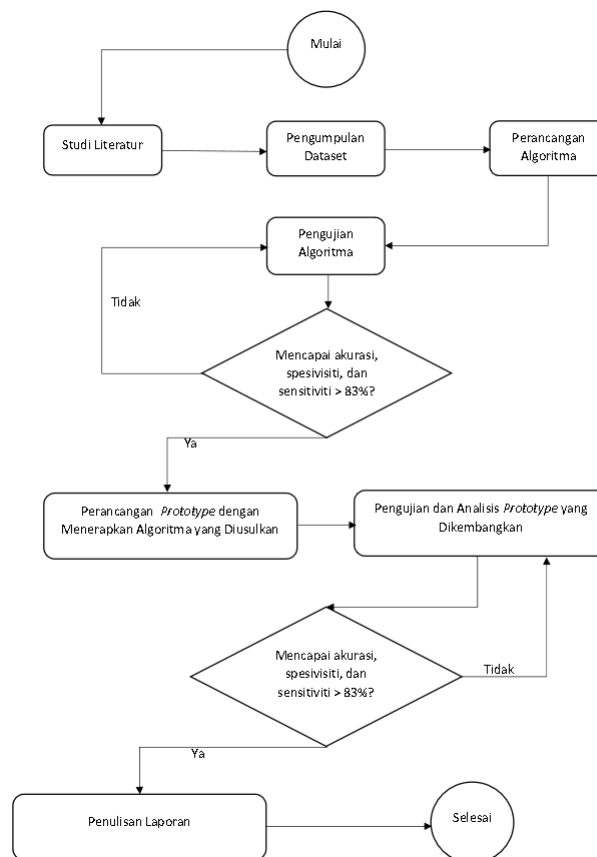
Bab III

Metodologi dan Desain Sistem

3.1 Metode Penelitian

3.1.1 Framework Penelitian

Metodologi yang dilakukan dalam menyelesaikan penelitian ini ditunjukkan pada diagram alir 3.1 dibawah ini :



Gambar 3.1: Diagram Alir Riset *Framework*

Berikut penjelasan dari masing-masing tahapan riset :

1. Studi Litaratur

Pada tahapan ini penulis melakukan *review* terhadap penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dan penulis merangkum hasil serta teori yang dibutuhkan dalam penelitian. Penulis melakukan dengan membaca jurnal dan artikel yang berkaitan. Pada tahap ini juga penulis menganalisis kelebihan dan kekurangan dari setiap jurnal yang dibaca.

2. Pengumpulan Dataset

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang akan dijadikan dataset. Data yang dikumpulkan merupakan informasi dalam melakukan pendeteksian VHD.

3. Perancangan Algoritma

Pada tahap ini penulis melakukan eksperimen berbagai algoritma dan melakukan perancangan untuk mendapatkan algoritma terbaik yang dapat diusulkan. Hasil dari tahap ini adalah algoritma yang matang untuk mendeteksi VHD.

4. Pengujian Algoritma

Pada tahapan penulis melakukan pengujian algoritma yang diusulkan dengan cara melakukan validasi hasil deteksi algoritma dengan anotasi yang diberikan oleh *database* GitHub Son, Kwon et al. (2018) Pada tahapan ini juga penulis melakukan perhitungan akurasi, spesivisiti dan sensitiviti untuk mengukur performansi algoritma yang diusulkan.

5. Perancangan Sistem dengan Menerapkan Algoritma yang diusulkan

Pada tahap ini penulis melakukan perancangan *prototype* aplikasi *mobile* dan *web* yang akan dibuat. Perancangan yang dilakukan meliputi perancangan skema sistem yang akan dibangun dan analisis kebutuhan *prototype*. Pada tahap ini pula algoritma yang diusulkan diterapkan ke dalam *prototype* sistem deteksi. Hasil dari tahapan ini adalah rancangan dari *prototype* sistem deteksi VHD yang mampu menjalankan algoritma.

6. Pengujian dan Analisis *Prototype* yang dikembangkan

Pada tahap ini penulis melakukan pengujian terhadap performansi *prototype* yang dikembangkan. Hasil dari tahap ini adalah nilai-nilai performansi dari *prototype* yang dikembangkan.

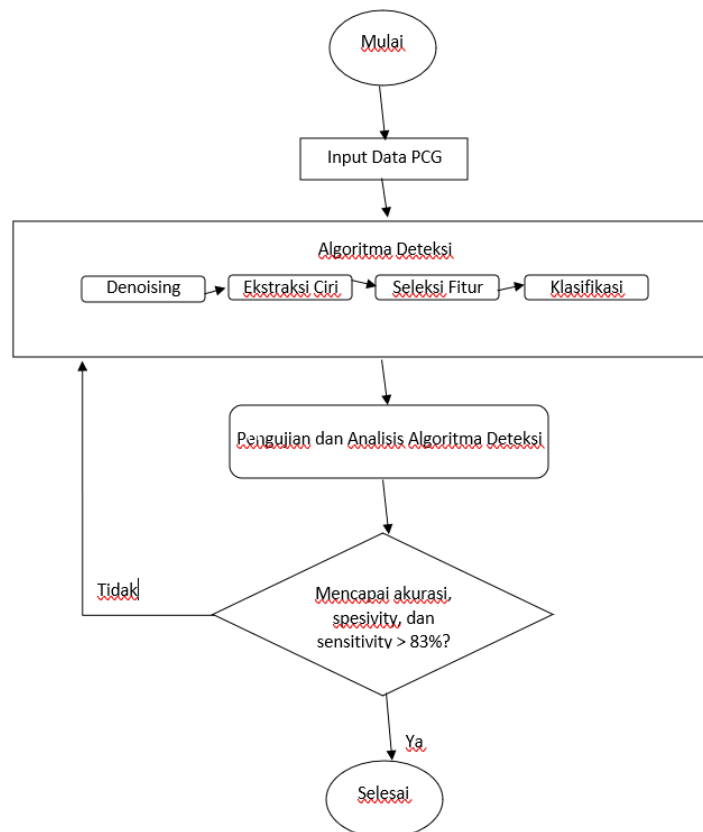
7. Penulisan Laporan

Pada tahap ini penulis menyusun laporan terkait penelitian yang dilakukan mengikuti metode perancangan tata tulis ilmiah. Hasil dari tahapan ini adalah buku tugas akhir.

3.1.2 Metodologi untuk Mencapai Tujuan Penelitian

A) Metodologi untuk mencapai objectif pertama

Metodologi yang dilakukan dalam mencapai objektif pertama adalah sebagai berikut :



Gambar 3.2: Diagram Alir Metodologi Objektif Pertama

Berikut adalah penjelasan untuk setiap tahapan metodologi :

(a) **Input Data PCG**

Data PCG diambil dari *database* GitHub Son et al. (2018) yang 1000 *audio file* dari rekaman PCG. Data dibagi menjadi 5 kategorisinyal suara jantung (sinyal *PCG*) dari berbagai sumber yang terdiri dari 1 kategori normal dan 4 kategori *abnormal*. Besar *data* untuk satu record adalah 1000 sampel *data*.

(b) **Perancangan Algoritma**

Pada tahap ini dilakukan percobaan terhadap algoritma deteksi VHD yang meliputi *filtering*, ekstraksi ciri beserta seleksi fitur,

dan klasifikasi. Hasil yang diinginkan dari masing-masing algoritma adalah sebagai berikut :

a. Luaran dari algoritma *Denoising/ Filtering* adalah data PCG yang telah bersih dari *noise*.

b. Luaran dari tahap ekstraksi ciri beserta seleksi fitur adalah berhasil terdeteksinya VHD pada *PCG* dengan baik serta nilai-nilai seleksi fitur sebagai masukan tahap klasifikasi

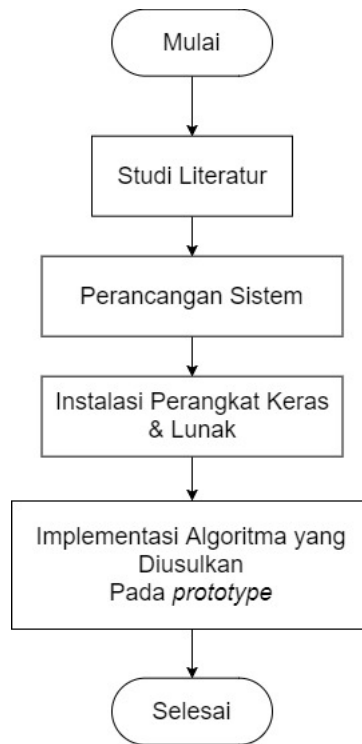
c. Luaran dari tahap klasifikasi adalah algoritma deteksi yang dapat mendeteksi VHD kelainan *Murmur in systole (MVP)*; *Mitral Regurgitation (MR)*; *Mitral Stenosis*; *Aortic Stenosis* seperti yang dinyatakan oleh Son et al. (2018) dan sinyal non-VHD.

(c) **Analisis Hasil Algoritma Deteksi**

Setelah algoritma deteksi diterapkan, dilakukan analisis terhadap algoritma apakah algoritma yang digunakan memiliki hasil yang akurat atau tidak. Analisis dilakukan dengan cara melihat data PCG berdasarkan anotasi apakah sama atau tidak dengan data yang dihasilkan oleh algoritma.

B) **Metodologi untuk mencapai objectif kedua**

Berikut adalah skema *prototype* yang akan dibangun untuk mencapai objektif kedua :



Gambar 3.3: Diagram Alir Metodologi Objektif Kedua

Berikut adalah penjelasan dari masing-masing tahapan :

(a) **Studi Literatur**

Pada tahap ini dilakukan studi untuk mengkaji pengembangan-pengembangan *prototype* sejenis yang telah dilakukan. Hal ini bertujuan untuk mempelajari bagaimana sistem deteksi kelainan katup jantung bekerja pada umumnya, melakukan riset tentang perangkat keras dan lunak yang diperlukan dalam membangun sistem, dan batasan-batasan sistem. Hasil dari tahapan ini adalah daftar perangkat yang dibutuhkan untuk membangun sistem.

(b) **Perancangan Sistem**

Pada tahap ini dilakukan perancangan sistem berdasarkan literatur yang telah dipelajari antara lain, mekanisme pengiriman dan penerimaan data, bagaimana data diproses, dan bagaimana informasi dari data tersebut diberikan.

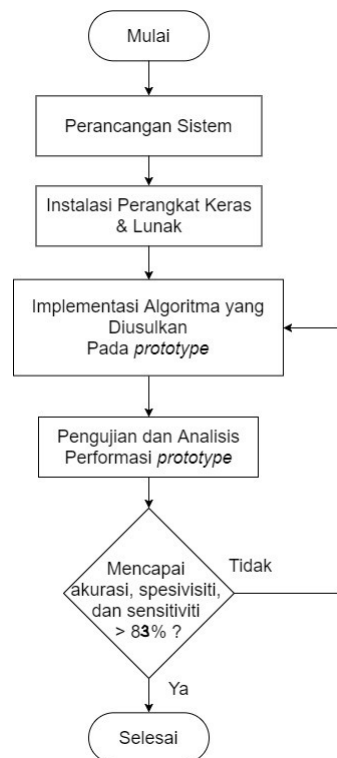
(c) **Instalasi Perangkat Keras & Perangkat Lunak**

Pada tahap ini dilakukan implementasi dari hasil perancangan sistem, meliputi membuat modul perangkat keras, web service, dan web client.

(d) **Implementasi Algoritma Pada Sistem**

Pada tahap ini dilakukan implementasi dari algoritma yang telah disiapkan untuk diterapkan dalam sistem. Hasil dari tahapan ini adalah sistem dapat menjalankan algoritma dengan baik dan memberi hasil seperti yang diinginkan.

C) **Metodologi untuk mencapai objektif ketiga** Metodologi yang dilakukan dalam mencapai objektif ketiga adalah sebagai berikut :



Gambar 3.4: Diagram Alir Metodologi Objektif Ketiga

Berikut adalah penjelasan untuk setiap tahapan metodologi :

(a) **Perancangan Sistem**

Tahap ini merumuskan kebutuhan perangkat keras dan lunak yang dibutuhkan untuk membangun *prototype* serta merancang skema pertukaran data dan informasi di dalam sistem

(b) **Instalasi Perangkat Lunak dan Keras**

Pada tahap ini dilakukan konfigurasi kebutuhan perangkat lunak seperti *setup* MQTT client dan pemrograman pada sensor dan mikrokontroler, instalasi python 2.7 dan Arduino IDE pada sistem operasi.

(c) **Implementasi Algoritma yang Diusulkan**

Pada tahap ini dilakukan implementasi algoritma deteksi terbaik yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya. Algoritma akan melakukan deteksi terhadap data yang di dapat dari stetoskop (PCG).

(d) **Analisis Akurasi Deteksi**

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap algoritma deteksi yang diterapkan pada *prototype*. Jika akurasi deteksi yang dihasilkan tidak jauh berbeda antara deteksi menggunakan data dari stetoskop dan data dari *database* GitHub Son et al. (2018), maka implementasi algoritma pada *prototype* dikatakan berhasil.

3.1.3 Analisis Kebutuhan Sistem

A) Spesifikasi Perangkat Keras

- Intel(R) Core(TM) i5-7200U CPU @ 2.50GHz (4 CPUs),2.7GHz
- Memory 8GB
- Hard Drive 1TB

B) Spesifikasi Perangkat Lunak

- Windows 10 Education 64 bit
- Python 3.8
- Visual Studio Code

3.1.4 Data

Data yang digunakan dalam melakukan penelitian ini adalah data suara jantung dari *dataset* GitHub Son et al. (2018) *Classification-of-Heart-Sound-Signal-Using-Multiple-Features*. Data berupa 5 kategori sinyal suara jantung (sinyal PCG) dari berbagai sumber yang berisi 1 kategori normal dan 4 kategori abnormal. *database* GitHub Son et al. (2018) Jumlah total file audio adalah 1000 untuk normal dan abnormal kategori (200 file audio / per kategori), file dalam format .wav.

3.1.5 Metrik Uji

Metrik pengujian yang digunakan dalam melakukan pengujian algoritma adalah metrik yang juga digunakan pada penelitian-penelitian sebelumnya Spencer et al. (2020). Meliputi akurasi dan spesifikasi.

Persamaan Akurasi

$$accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FP + FN + TN} \quad (3.1)$$

Persamaan Spesifisiti

$$specificity = \frac{TN}{TN + FP} \quad (3.2)$$

Persamaan Sensitiviti

$$sensitivity = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3.3)$$

Di mana TP dan TN melambangkan total dari kebenaran klasifikasi denyut VHD (True Positive) dan non-VHD (True Negative) sebanyak N sampel. Sedangkan FP dan FN melambangkan total dari kesalahan klasifikasi denyut VHD (False Positive) dan non-VHD (False Negative) sebanyak N denyut sampel Spencer et al. (2020).

3.1.6 Metode Pengujian

Untuk mengetahui keberhasilan seluruh rancangan diperlukan adanya pengujian, baik secara perangkat maupun algoritma. Hal ini ditujukan mengetahui apakah tujuan tugas akhir ini tercapai.

Tujuan Pengujian

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk membuktikan akurasi dari algoritma ekstraksi ciri yang dibangun dan menguji fitur apa saja yang memiliki kontribusi besar dalam tahap deteksi *VHD*.

Skenario Pengujian

Berikut adalah algoritma ekstraksi ciri yang digunakan:

Tabel 3.1: *Algoritma Ekstraksi Ciri*

No	Ekstraksi Ciri
1	<i>Zero Crossing Rate(ZCR) : Time Domain</i>
2	<i>Spectral Centroid (SC) : Frequency Domain</i>
3	<i>Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCCs) : Time-Frequency Representation</i>

Dengan menggunakan ketiga ekstraksi ciri di atas, penelitian ini akan melakukan pengujian sebelum pengujian seleksi fitur untuk algoritma deteksi VHD dengan skenario sebagai berikut :

1. Skenario 1 : *ZCR*

Pada skenario ini dilakukan ekstraksi karakteristik dataset dengan menggunakan satu algoritma ekstraksi ciri yaitu *Zero Crossing Rate(ZCR) : Time Domain*.

2. **Skenario 2 : *SC***

Pada skenario ini dilakukan ekstraksi karakteristik dataset dengan menggunakan satu algoritma ekstraksi ciri yaitu *Spectral Centroid (SC) : Frequency Domain*.

3. **Skenario 3 : *MFCCs***

Pada skenario ini dilakukan ekstraksi karakteristik dataset dengan menggunakan satu algoritma ekstraksi ciri yaitu *Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCCs) : Time-Frequency Representation*.

4. **Skenario 4 : *ZCR + SC***

Pada skenario ini dilakukan ekstraksi karakteristik dataset dengan menggunakan dua algoritma ekstraksi ciri yaitu *Zero Crossing Rate(ZCR) : Time Domain* dan *Spectral Centroid (SC) : Frequency Domain*.

5. **Skenario 5 : *ZCR + MFCCs***

Pada skenario ini dilakukan ekstraksi karakteristik dataset dengan menggunakan dua algoritma ekstraksi ciri yaitu *Zero Crossing Rate(ZCR) : Time Domain* dan *Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCCs) : Time-Frequency Representation*.

6. **Skenario 6 : *SC + MFCCs***

Pada skenario ini dilakukan ekstraksi karakteristik dataset dengan menggunakan dua algoritma ekstraksi ciri yaitu *Spectral Centroid (SC) : Frequency Domain* dan *Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCCs) : Time-Frequency Representation*.

7. **Skenario 7 : *ZCR + SC + MFCCs***

Pada skenario ini dilakukan ekstraksi karakteristik dataset dengan menggunakan tiga algoritma ekstraksi ciri yaitu *Zero Crossing Rate(ZCR) : Time Domain*, *Spectral Centroid (SC) : Frequency Domain*, dan *Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCCs) : Time-Frequency Representation*.

Pengujian seleksi fitur, penelitian ini dilakukan dengan mengambil hasil dari ekstraksi ciri yang akan diteliti untuk algoritma deteksi VHD dengan skenario sebagai berikut :

1. **Skenario 1 : *Feature Importance***

Pada skenario ini dilakukan proses seleksi fitur untuk mengetahui fitur penting dari suatu data yang sebelumnya tidak kita ketahui.

2. **Skenario 2 : *Filter Method***

Pada skenario ini dilakukan proses seleksi fitur menggunakan ukuran proxy alih-alih tingkat kesalahan untuk menilai subset fitur.

3. Skenario 3 : *Wrapper Method*

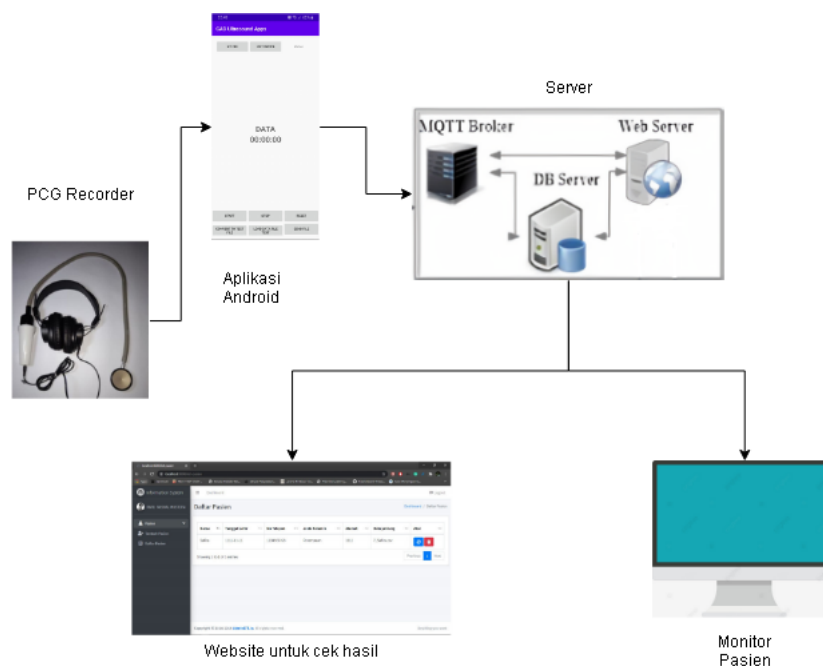
Pada skenario ini dilakukan proses seleksi fitur menggunakan model prediktif untuk menilai subset fitur.

3.1.7 Perbandingan Hasil Penelitian

Tugas Akhir ini melakukan perbandingan hasil yang didapat dengan penelitian sejenis yang telah dilakukan oleh (Spencer et al., 2020).

3.2 Desain Sistem

Gambar 3.5 adalah ilustrasi desain dari sistem dari tugas akhir ini.



Gambar 3.5: Desain Sistem yang direncanakan

Seperti terlihat pada Gambar 3.5 *PCG Recorder* disambungkan ke perangkat mobile via *bluetooth* untuk dioperasikan. Lalu perangkat mobile mengirim data ke server yang nanti akan di deteksi *by request* (Tidak secara *real time*) pada *server* untuk mengurangi beban *server*. Lalu hasil diagnosa dapat diakses pada *website* yang akan dibuat serta akan dimonitor.

3.3 Ringkasan

Ada beberapa hal yang perlu menjadi catatan dari Bab ini sebagai berikut:

1. Nilai akurasi, spesivisiti, dan sensitiviti yang diharapkan diatas 83% berdasarkan referensi yang sudah dibaca.

2. Dataset yang didapatkan dari database Github yang berjumlah 1000 untuk suara jantung normal dan abnormal kategori (200 file audio / per kategori), file dalam format .wav.
3. Metodologi dibagi menjadi 3 objektif utama yang dapat dilihat pada gambar 3.2, gambar 3.3, dan gambar 3.4.

Bab IV

Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini akan dibahas hasil dari algoritma ekstraksi ciri beserta metode seleksi fitur dan hasil pengujian skenario yang dilakukan terhadap data textdataset dari GitHub Son et al. (2018) *Classification-of-Heart-Sound-Signal-Using-Multiple-Features*.

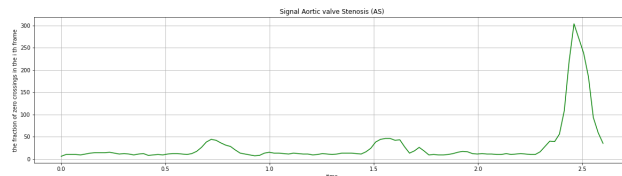
4.1 Hasil Pengujian

Setelah melaksanakan pengujian sistem seperti yang telah dibahas pada bab sebelumnya sub bab ini akan memaparkan hasil dari percobaan.

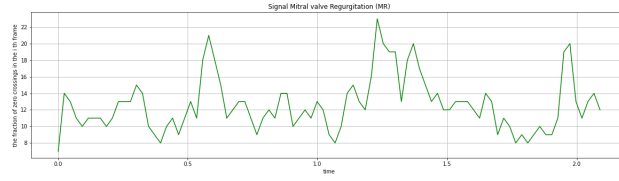
4.1.1 Hasil Algoritma Ekstraksi Ciri (Zero Crossing Rate(ZCR), Spectral Centroid(SC), Mel-Frequency Cepstral Coefficients(MFCCs))

Algoritma ekstraksi ciri yang diusulkan bertujuan agar dapat mendeteksi VHD yang memiliki karakteristik time domain, frequency domain, dan time-frequency representation yang berbeda. Dalam penelitian ini telah berhasil dilakukan pengembangan algoritma untuk mendeteksi VHD jenis Aortic valve Stenosis(AS), Mitral valve Regurgitation (MR), Mitral valve Stenosis (MS), Murmur in systole (MVP), dan Normal (N).

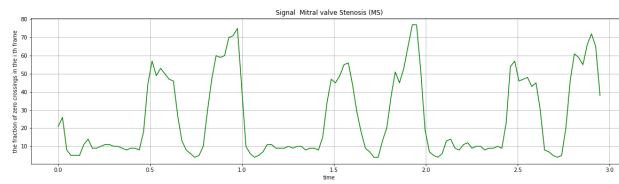
Hasil dari algoritma Zero Crossing Rate(ZCR) yang dapat membedakan VHD jenis Aortic valve Stenosis(AS), Mitral valve Regurgitation (MR), Mitral valve Stenosis (MS), Murmur in systole (MVP), dan Normal (N) berdasarkan karakteristik time domain dapat dilihat sebagai berikut :



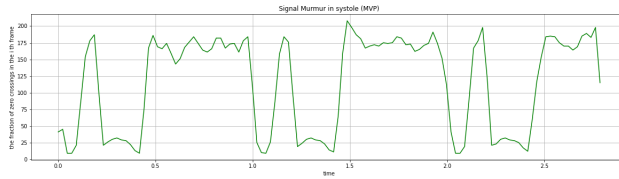
Gambar 4.1: Karakteristik time domain signal Aortic valve Stenosis (AS)



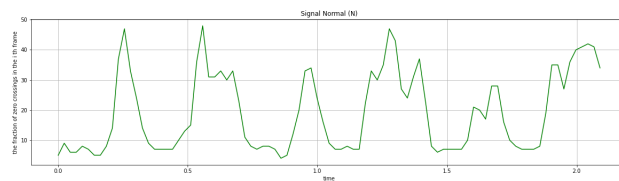
Gambar 4.2: Karakteristik time domain signal Mitral valve Regurgitation (MR)



Gambar 4.3: Karakteristik time domain signal Mitral valve Stenosis (MS)

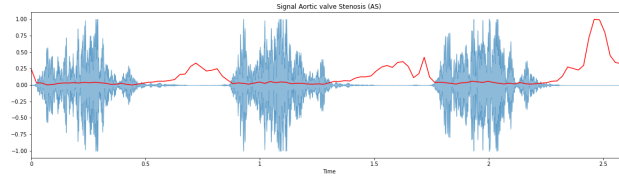


Gambar 4.4: Karakteristik time domain signal Murmur in systole (MVP)

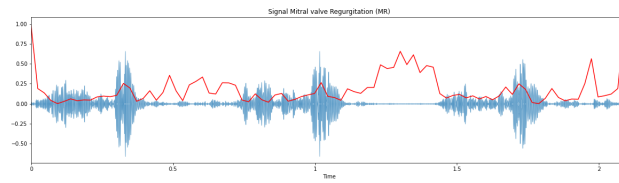


Gambar 4.5: Karakteristik time domain signal Normal (N)

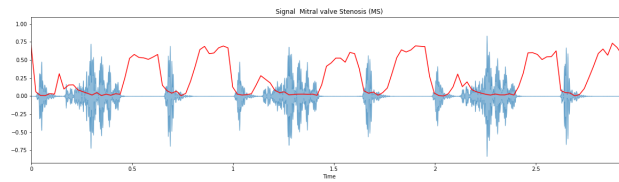
Hasil dari algoritma Spectral Centroid(SC) yang dapat membedakan VHD jenis Aortic valve Stenosis(AS), Mitral valve Regurgitation (MR), Mitral valve Stenosis (MS), Murmur in systole (MVP), dan Normal (N) berdasarkan karakteristik frequency domain dapat dilihat sebagai berikut :



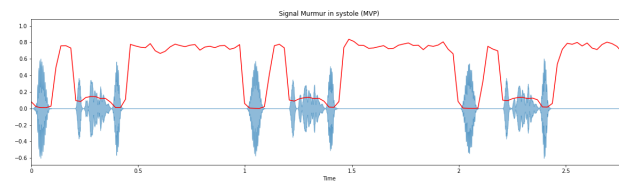
Gambar 4.6: Karakteristik frequency domain signal Aortic valve Stenosis (AS)



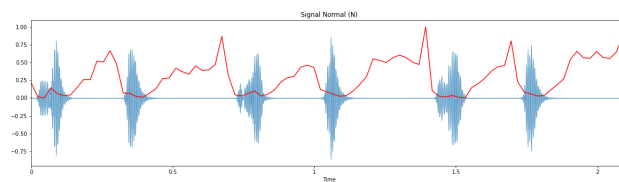
Gambar 4.7: Karakteristik frequency domain signal Mitral valve Regurgitation (MR)



Gambar 4.8: Karakteristik frequency domain signal Mitral valve Stenosis (MS)

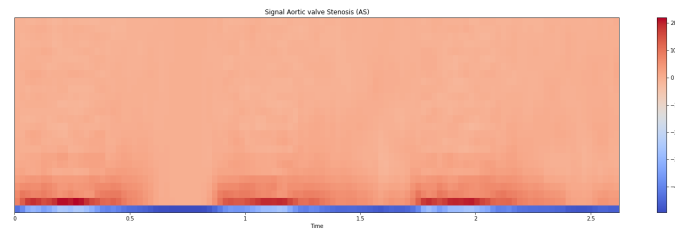


Gambar 4.9: Karakteristik frequency domain signal Murmur in systole (MVP)

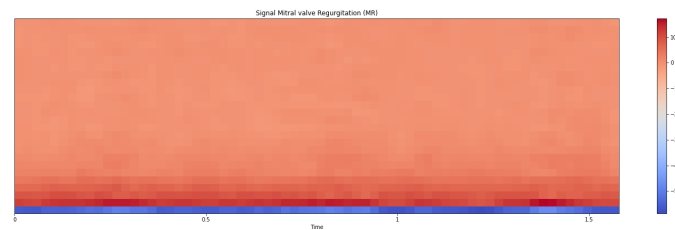


Gambar 4.10: Karakteristik frequency domain signal Normal (N)

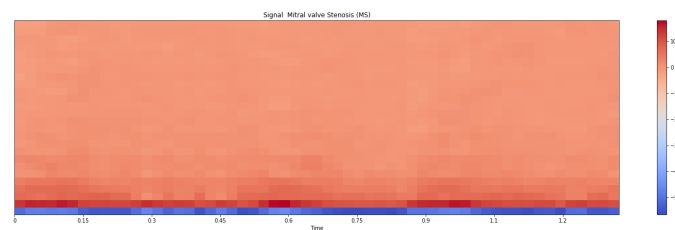
Hasil dari algoritma Mel-Frequency Cepstral Coefficients(MFCCs) yang dapat membedakan VHD jenis Aortic valve Stenosis(AS), Mitral valve Regurgitation (MR), Mitral valve Stenosis (MS), Murmur in systole (MVP), dan Normal (N) berdasarkan karakteristik time-frequency representation dapat dilihat sebagai berikut :



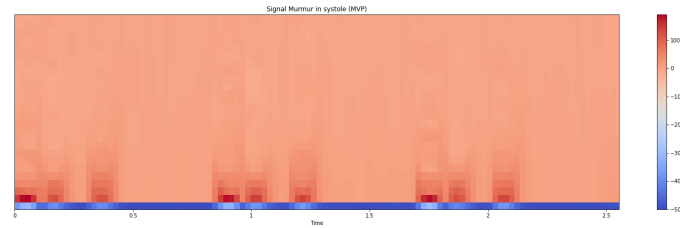
Gambar 4.11: Karakteristik time-frequency representation signal Aortic valve Stenosis (AS)



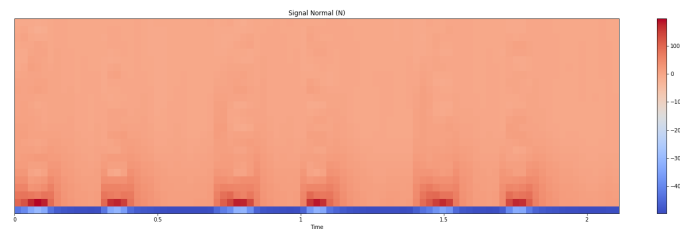
Gambar 4.12: Karakteristik time-frequency representation signal Mitral valve Regurgitation (MR)



Gambar 4.13: Karakteristik time-frequency representation signal Mitral valve Stenosis (MS)



Gambar 4.14: Karakteristik time-frequency representation signal Murmur in systole (MVP)



Gambar 4.15: Karakteristik time-frequency representation signal Normal (N)

4.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis pada skenario-skenario di atas, penulis mencoba untuk melakukan perhitungan performansi secara terpisah antara data VHD jenis AS, MR, MS, MVP, dan N. Hasil pengujian karakteristik dengan menggunakan metode seleksi fitur feature importance dan algoritma klasifikasi RandomForest sebagai berikut:

1. **Time Domain : *Zero Crossing Rate***
Mendeteksi cukup baik data VHD dengan akurasi yang diperoleh sebesar 60,5%.
2. **Frequency Domain : *Spectral Centroid***
Mendeteksi cukup baik data VHD dengan akurasi yang diperoleh sebesar 57%.
3. **Time-Frequency Representation: *Mel-Frequency Cepstral Coefficients***
Mendeteksi cukup baik data VHD dengan akurasi yang diperoleh sebesar 100%.

Berdasarkan hasil analisis pada skenario-skenario di atas, penulis mencoba untuk melakukan perhitungan performansi secara terpisah antara data VHD jenis AS, MR, MS, MVP, dan N. Hasil pengujian karakteristik dengan menggunakan model yang telah dibuat sebagai berikut:

1. **Time Domain : *Zero Crossing Rate***
Mendeteksi cukup baik data VHD dengan akurasi yang diperoleh sebesar 60,5%.
2. **Frequency Domain : *Spectral Centroid***
Mendeteksi cukup baik data VHD dengan akurasi yang diperoleh sebesar 48,5%.
3. **Time-Frequency Representation: *Mel-Frequency Cepstral Coefficients***
Mendeteksi cukup baik data VHD dengan akurasi yang diperoleh sebesar 100%.

4.3 Ringkasan

Ada beberapa hal yang perlu menjadi catatan dari Bab ini sebagai berikut:

1. Algoritma Ekstraksi Ciri dan Metode Seleksi Fitur yang di pilih belum tetap
2. Belum menuliskan semua skenario-skenario penelitian dalam bab 3
3. Hasil pengujian masih berubah dan akan melakukan penelitian lebih lanjut
4. Hasil pengujian masih dipelajari
5. Hasil pembahasan masih belum detail

Bab V

Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Tugas akhir ini telah mencapai semua obyektif yang disebutkan pada Bab I, sebagai berikut:

1. Obyektif Pertama sudah tercapai. Bukti capaian dapat dilihat pada Bab 4, dengan memperoleh akurasi prediksi terbaik sebesar 100% berdasarkan satu algoritma ekstraksi ciri, yaitu algoritma MFCCs.
2. Obyektif Kedua berhasil dicapai. Bukti dari capaian ada pada Bab...
3. Obyektif Ketiga sukses dicapai dengan bukti ada pada Bab ...

5.2 Saran

Berdasarkan proses perancangan dan pengujian sistem, penulis melihat beberapa pengembangan rancangan dan langkah pengujian yang dapat dilakukan, antara lain:

1. Bekerjasama dengan dokter ahli jantung untuk melakukan pengujian nyata
2. Memilih fitur dan klasifikasi lain untuk meningkatkan kehandalan akurasi deteksi
3. Melakukan simulasi jaringan *unreliable* dengan menggunakan WANem. Hal ini ditujukan agar dapat menguji kehandalan sistem jika diterapkan di dunia nyata.
4. Merancang *receptor* yang lebih hemat daya,
5. Merancang *Device Interface* dan *Application Programming Interface* (API) sehingga sistem dapat menerima input dari perangkat yang telah tersedia dipasaran.

Daftar Pustaka

- Bibrity, F. C., Jahan, F., Khan, M. et al. (2019), Heartbeat sound feature extraction and classification, PhD thesis, Brac University.
- Boestan, I. N. (2019), *Penyakit Jantung Katup*, Airlangga University Press.
- Chowdhury, T. H., Poudel, K. N. and Hu, Y. (2020), ‘Time-frequency analysis, denoising, compression, segmentation, and classification of pcg signals’, *IEEE Access* **8**, 160882–160890.
- El-Dahshan, E.-S. A., Ali, M. N. and Yahiea, A. (2020), ‘An efficient computational approach for phonocardiogram signals analysis and normal/abnormal heart sounds diagnosis’, *Arab Journal of Nuclear Sciences and Applications* **53**(3), 162–177.
- Hu, W., Lv, J., Liu, D. and Chen, Y. (2018), Unsupervised feature learning for heart sounds classification using autoencoder, in ‘Journal of Physics: Conference Series’, Vol. 1004, IOP Publishing.
- Jabbar, M. (2017), ‘Prediction of heart disease using k-nearest neighbor and particle swarm optimization’.
- Kustiyo, A., Firqiani, H. N. and Giri, E. P. (2011), ‘Seleksi fitur menggunakan fast correlation based filter pada algoritma voting feature intervals 5’, *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer* **6**(2).
- Li, F., Liu, M., Zhao, Y., Kong, L., Dong, L., Liu, X. and Hui, M. (2019), ‘Feature extraction and classification of heart sound using 1d convolutional neural networks’, *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing* **2019**(1), 59.
- Li, H., Wang, X., Liu, C., Wang, Y., Li, P., Tang, H., Yao, L. and Zhang, H. (2019), ‘Dual-input neural network integrating feature extraction and deep learning for coronary artery disease detection using electrocardiogram and phonocardiogram’, *IEEE Access* **7**, 146457–146469.
- Martinek, R., Nedoma, J., Fajkus, M., Kahankova, R., Konecny, J., Janku, P., Kepak, S., Bilik, P. and Nazeran, H. (2017), ‘A phonocardiographic-based

- fiber-optic sensor and adaptive filtering system for noninvasive continuous fetal heart rate monitoring', *Sensors* **17**(4), 890.
- Nabih-Ali, M., El-Dahshan, E.-S. A. and Yahia, A. S. (2017), 'Heart diseases diagnosis using intelligent algorithm based on pcg signal analysis', *International Journal of Biology and Biomedicine* **2**.
- Ningsih, F. (2018), TA: Ekstraksi Ciri dan Identifikasi Sinyal Suara Jantung S1 dan S2 Phonocardiogram (PCG) Menggunakan Metode Continuous Wavelet Transform, PhD thesis, Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya.
- Purwaningsih, N., Soesanti, I. and Nugroho, H. A. (2015), 'Ekstraksi ciri tekstur citra kulit sapi berbasis co-occurrence matrix', *Semnasteknomedia Online* **3**(1), 3-2.
- Ratnasari, D. K. et al. (2017), 'Rancang bangun phonocardiography yang dilengkapi ekstraksi ciri suara jantung menggunakan metode transformasi wavelet untuk mendeteksi kondisi jantung'.
- Saraf, K., Baek, C. I., Wasko, M. H., Zhang, X., Zheng, Y., Borgstrom, P. H., Mahajan, A. and Kaiser, W. J. (2019), Fully-automated diagnosis of aortic stenosis using phonocardiogram-based features, in '2019 41st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)', IEEE, pp. 6673-6676.
- Son, G.-Y., Kwon, S. et al. (2018), 'Classification of heart sound signal using multiple features', *Applied Sciences* **8**(12), 2344.
- Spencer, R., Thabtah, F., Abdelhamid, N. and Thompson, M. (2020), 'Exploring feature selection and classification methods for predicting heart disease', *Digital Health* **6**, 2055207620914777.
- Tang, H., Dai, Z., Jiang, Y., Li, T. and Liu, C. (2018), 'Pcg classification using multidomain features and svm classifier', *BioMed research international* **2018**.
- Varghees, V. N., Ramachandran, K. and Soman, K. (2018), 'Wavelet-based fundamental heart sound recognition method using morphological and interval features', *Healthcare technology letters* **5**(3), 81-87.

Lampiran A

Jadwal Kegiatan

The table 5.2 is an example of referenced L^AT_EXelements. Laporan proposal ini akan dijadwalkan sesuai dengan tabel yang diberikna berikutnya.

Tabel 5.1: Jadwal kegiatan proposal tugas akhir

No	Kegiatan	Bulan ke-																							
		1				2				3				4				5				6			
1	Studi Literatur																								
2	Pengumpulan Data																								
3	Analisis dan Perancangan Sistem																								
4	Implementasi Sistem																								
5	Analisa Hasil Implementasi																								
6	Penulisan Laporan																								

Lampiran B

Jadwal Kegiatan

The table 5.2 is an example of referenced L^AT_EXelements. Laporan proposal ini akan dijadwalkan sesuai dengan tabel yang diberikna berikutnya.

No	Kegiatan	Bulan ke-																									
		1				2				3				4				5				6					
1	Studi Literatur																										
2	Pengumpulan Data																										
3	Analisis dan Perancangan Sistem																										
4	Implementasi Sistem																										
5	Analisa Hasil Implementasi																										
6	Penulisan Laporan																										

Tabel 5.2: Jadwal kegiatan proposal tugas akhir