

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pemodelan Fisika dan Laboratorium Elektronika Dasar Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung pada bulan Februari 2014 sampai Mei 2014.

3.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi:

1. Steteskop dan Mikrofone

Steteskop dan mikrofone digunakan untuk mendeteksi sinyal suara jantung yang kemudian diubah kebesaran listrik agar dapat diolah oleh komputer.

2. Penguat Mikrofone

Penguat mikrofone digunakan untuk menguatkan sinyal suara jantung yang berasal dari steteskop, karena *output* steteskop memiliki frekuensi yang kecil sehingga perlu dilakukan penguatan sebelum masuk ke *sound card* komputer.

3. Personal Computer (PC)

PC pada penelitian ini digunakan untuk akuisisi data serta mengolah sinyal yang berasal dari masukan *sound card* agar didapatkan data kuantitatif.

4. Data Base Suara Jantung

Pada penelitian ini menggunakan data base suara jantung untuk melatih jaringan syaraf tiruan yang telah dibangun, agar diperoleh hasil klasifikasi sinyal yang akurat. Data base ini diperoleh dari sumber yang terpercaya dan diambil langsung dari website *Continuing Medical Implamentation*. *Continuing Medical Implamentation* merupakan salah satu komunitas kesehatan di Amerika Serikat yang menangani masalah penyakit *cardiovascular*. Selain meneliti dan merancang alat kesehatan yang berhubungan dengan jantung, komunitas ini juga menyediakan beragam rekaman aktivitas jantung, baik rekaman menggunakan *Elektrokardiogram* (EKG) maupun menggunakan *Phonocardiogram* (PCG). Sehingga pada penelitian ini data base suara jantung yang digunakan sebagai pembanding diambil dari website *Continuing Medical Implamentation*.

5. Software Matlab

Software Matlab pada penelitian ini digunakan untuk proses komputasi dan pengolahan sinyal berdasarkan rumusan dari metode Dekorlet dan Transformasi Wavelet serta perancangan Jaringan Syaraf Tiruan (JST).

3.3. Metode Penelitian

Tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan pada penelitian ini terbagi atas dua tahapan, yaitu perancangan sistem akuisisi data serta perancangan sistem pemrosesan sinyal suara jantung. Blok diagram penelitian ini dapat dilihat seperti pada Gambar 3.1.

Tahap pendeteksian sinyal merupakan proses pendeteksian sinyal suara jantung dari tubuh manusia yang menggunakan perangkat keras (*hardware*). *Hardware* pada penelitian ini menggunakan stetoskop yang dikombinasikan dengan sebuah mikrofone dan penguat mikrofone yang semuanya saling terintegrasi. Stetoskop digunakan untuk mendeteksi suara jantung manusia, kemudian dari suara jantung ini akan dikonversi menjadi besaran elektrik oleh mikrofone dan output dari mikrofone ini akan dikuatkan oleh penguat mikrofone. Penguat mikrofone ini akan memperkuat sinyal suara jantung yang dideteksi oleh stetoskop yang akan dihubungkan ke komputer melalui jalur *sound card*.



Gambar 3.1. Blok diagram tahapan penelitian

Tahap perekaman adalah tahap pengambilan sampel data (sinyal suara jantung) yang akan dijadikan data dalam penelitian ini. Sinyal suara jantung yang terekam oleh komputer akan dilakukan pengolahan sinyal hingga diperoleh hasil yang sesuai dengan harapan. Perekaman dan pengolahan sinyal ini dilakukan oleh komputer dengan bantuan perangkat lunak Matlab 7.8.

Tahapan filtering sinyal merupakan salah satu tahapan pemrosesan sinyal yang bertujuan untuk menghilangkan *noise* random dari hasil rekaman. *Noise* random ini disebabkan oleh perangkat komputer pada bagian *sound card* yang rentan terhadap *noise*. Apabila *noise* dalam sinyal tidak dihilangkan terlebih dahulu akan menyebabkan kesalahan dalam ekstraksi ciri sinyal. Untuk menghilangkan derau sinyal pada penelitian ini menggunakan salah satu jenis filter digital yaitu filter digital dengan wavelet. Setelah sinyal terbebas dari *noise* maka barulah dapat dilakukan ekstraksi ciri sinyal.

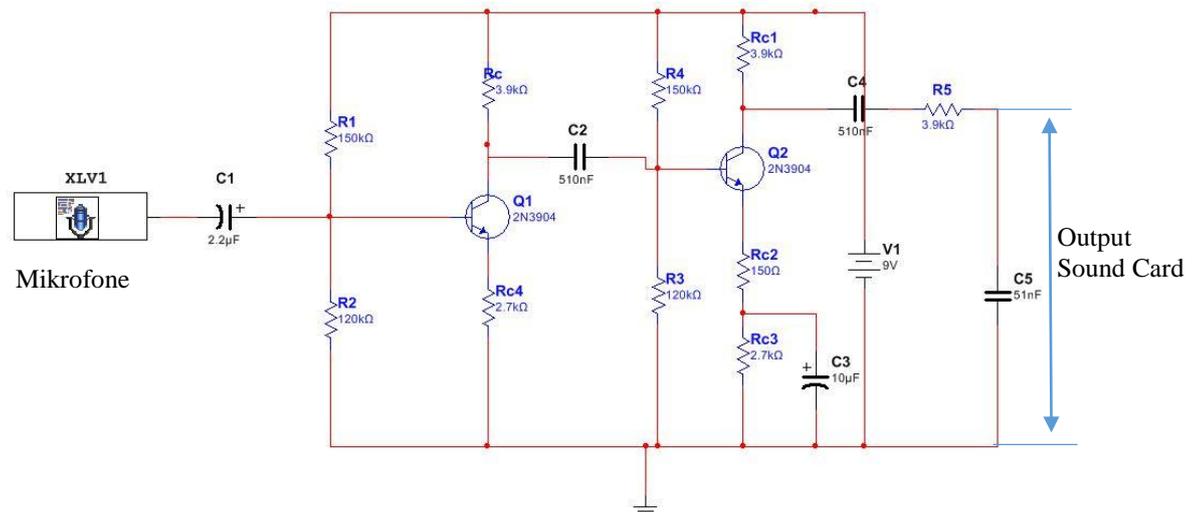
Tahap ekstraksi ciri merupakan salah satu tahapan pemrosesan sinyal yang bertujuan untuk memperoleh perbedaan ciri antara satu jenis sinyal suara jantung dengan jenis yang lain, dalam hal ini suara jantung normal dan abnormal. Jenis suara jantung yang akan menjadi perbandingan yaitu jenis suara jantung Normal (N), *Aortic stenosis* (AS), *Mitral regurgitation* (MR), *Aortic regurgitation* (AR), *Mitral stenosis* (MS) dan *Patent ductus arteriosus* (PDA). Masing-masing jenis suara jantung ini memiliki ciri khas tersendiri dilihat dari bentuk dan pola sinyalnya. Untuk mengetahui pola dari suara jantung yang diteliti, pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode dekomposisi (Dekomposisi dan Korelasi) serta menggunakan metode Transformasi Wavelet Diskrit dengan cara menghitung

energi dekomposisi pada masing-masing sub-band. Selanjutnya dari hasil ekstraksi ciri tersebut akan diklasifikasi dengan jaringan syaraf tiruan perambatan balik (*Backpropogation*).

Tahapan klasifikasi merupakan tahapan pemrosesan sinyal suara jantung yang dilakukan untuk mengelompokan suara jantung berdasarkan jenisnya. Pengelompokan sinyal suara jantung ini menggunakan sistem jaringan syaraf tiruan balik. Struktur jaringan syaraf tiruan yang dibangun terdiri atas lapisan input, lapisan tersembunyi dan lapisan output. Jumlah neuron masing-masing lapisan adalah 7, 7 dan 6 neuron. Input jaringan syaraf tiruan ini berasal dari ekstraksi ciri suara jantung yang telah dilakukan menggunakan metode Dekorlet serta menggunakan metode Transformasi Wavelet Diskrit dengan cara menghitung energi normalisasi dekomposisinya. Hasil akhir dari penelitian ini akan didapatkan jenis suara jantung manusia yang dideteksi menggunakan steteskop elektronik (*Phonocardiogram*).

3.3.1. Penguat Mikrofone

Perancangan *hardware* pada penelitian ini meliputi perancangan sistem akuisis data melalui *sound card*, yang terdiri dari rangkaian penguat *microfone* dengan sistem antarmuka *sound card*. Gambar 3.2 berikut merupakan rangkaian skematik penguat *microfone* dengan antarmuka *sound card*.



Gambar 3.2. Rangkaian penguat mikrofone dengan antarmuka *sound card*

Rangkaian penguat di atas merupakan rangkaian penguat *pre-amplifier* mikrofone yang digunakan untuk menguatkan sinyal input yang berasal dari mikrofone sebelum masuk ke *sound card* PC. Penguat *pre-amplifier* menggunakan penguat transistor bias pembagi tegangan dua tingkat. Pada prinsipnya penguatan sinyal *output* akan tergantung pada sinyal masukan yang berasal dari kaki basis transistor tingkat pertama. Masukan sinyal dari kaki basis terhubung dengan sebuah kapasitor sebesar 2,2 μF yang berguna sebagai kopling, yaitu untuk menahan frekuensi dc yang berasal dari sumber tegangan dan meloloskan frekuensi ac dari mikrofone. Pada penguat transistor tingkat pertama besar nilai input bergantung dari sinyal V_{in} yang berasal dari mikrofone. Besar nilai V_{in} awal sebesar 6 volt yang dicatu langsung ke mikrofone. Besar nilai V_{in} ini akan berubah sebanding dengan besarnya tekanan suara yang diterima oleh mic kondensor. Besar penguatan dari rangkaian diatas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan penguat transistor *cascade* dua tingkat sebagai berikut.

$$A_v = A_1 \times A_2 \quad (32)$$

dimana: A_v = Penguatan total

A_1 = Penguat transistor tingkat pertama

A_2 = Penguat transistor tingkat kedua

Penurunan rumus penguat mikrofone pada rangkaian diatas selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 5. Rangkaian diatas juga dilengkapi dengan *low pass* filter yang dirancang menggunakan resistor dan kapasitor. Besar frekuensi *cut off* dihitung dengan persamaan berikut.

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (33)$$

dimana: R = Hambatan yang terhubung ke *output*

C = Kapasitor filter

f_c = Frekuensi *cut off*

Resistor sebesar 3,9 K Ω dan kapasitor sebesar 51 nF digunakan sebagai *low pass* filter dengan frekuensi *cut off* sebesar 1500 Hz. Pemilihan frekuensi *cut off* sebesar 1500 Hz didasarkan pada rentang frekuensi *phonocardiogram* sebesar 20-1500 Hz. Kemudian dari *output pre-amplifier* ini akan dikuatkan lagi oleh *sound card* komputer.

3.3.2. Perekaman Suara Jantung dengan Matlab

Tahap perancangan *software* pada penelitian ini dimulai dari proses perekaman suara jantung melalui perangkat lunak matlab dengan format data “*.wav”, kemudian dari hasil rekaman yang berbentuk wav tersebut dilakukan pengubahan format data dari wav menjadi mat. Tujuan dari pembuatan format data dalam bentuk mat ini salah satunya adalah agar memudahkan pemrosesan sinyal pada matlab. Untuk dapat melakukan perekaman suara matlab sudah menyediakan sintak tersendiri seperti

wavrecord, dengan sintak `wavrecord(t rekaman, frek sampling)`. Frekuensi sampling yang digunakan pada penelitian ini sebesar 10504 Hz. Pemilihan frekuensi sampling ini dipilih berdasarkan penyamaan frekuensi sampling sebesar frekuensi sampling sinyal suara jantung yang menjadi data latih pada jaringan syaraf tiruan.

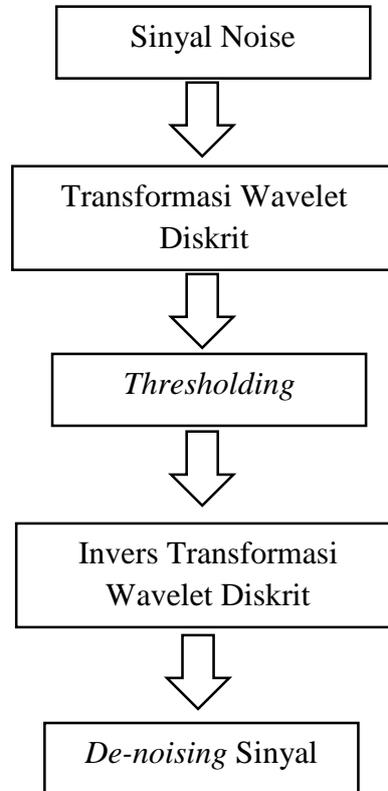
3.3.3. Pemilihan Fungsi Wavelet

Pemilihan fungsi wavelet dalam penelitian ini sangat penting dilakukan. Hal ini mengingat bahwasannya fungsi wavelet akan digunakan sebagai fungsi penganalisis dalam proses *filtering* sinyal dan ekstraksi ciri sinyal suara jantung. Pada penelitian kali ini fungsi wavelet Doubechies, Coiflet dan Symlet dipilih dan diuji coba sebagai fungsi wavelet penganalisis karena memiliki bentuk sinyal yang mirip dengan sinyal suara jantung. Ketiga jenis wavelet ini akan dicari *error* rekonstruksi dengan cara menghitung selisih antara sinyal suara jantung semula dengan sinyal suara jantung hasil rekonstruksi. Fungsi wavelet yang memberikan *error* terkecil akan digunakan dalam proses *filtering* dan ekstraksi ciri sinyal.

3.3.4. Pemfilteran Sinyal dengan Wavelet

Wavelet selain digunakan sebagai ekstraksi ciri sinyal juga dapat digunakan sebagai *de-noising* sinyal. Konsep dasar dari *de-noising* sinyal dengan wavelet adalah menghilangkan beberapa bagian sinyal yang mengandung *noise*, kemudian dari hasil dekomposisi sinyal wavelet akan direkonstruksi kembali sehingga diperoleh sinyal suara jantung yang terbebas dari *noise*. Algoritma proses *de-noising* sinyal

dengan transformasi wavelet pada penelitian ini dapat dilihat dalam diagram blok berikut.



Gambar 3.3. Diagram blok *de-noising* sinyal

Dari diagram blok diatas proses *de-noising* sinyal dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- Proses dekomposisi sinyal *noise* dilakukan menggunakan transformasi wavelet diskrit dengan level dekomposisi sesuai yang diinginkan.
- *Thresholding* sinyal dilakukan dengan cara menentukan nilai standar deviasi dari sinyal *noise* pada level dekomposisi yang diperkirakan mengandung *noise*, kemudian *thresholding* dihitung dengan persamaan berikut:

$$T = \sigma \sqrt{2 \log(N)} \quad (34)$$

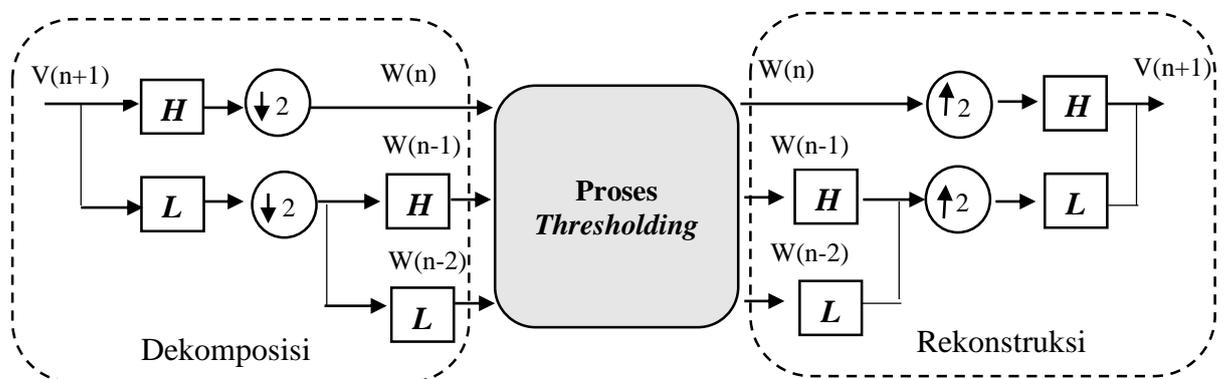
dimana: σ = Standar deviasi sinyal *noise*

N = Panjang data sinyal diskrit

T = *Threshold*

- *De-noising* dan rekonstruksi sinyal dilakukan dengan invers transformasi wavelet diskrit pada daerah *threshold*.

Ilustrasi dari proses *de-noising* sinyal dapat dilihat seperti pada Gambar 3.4 berikut:

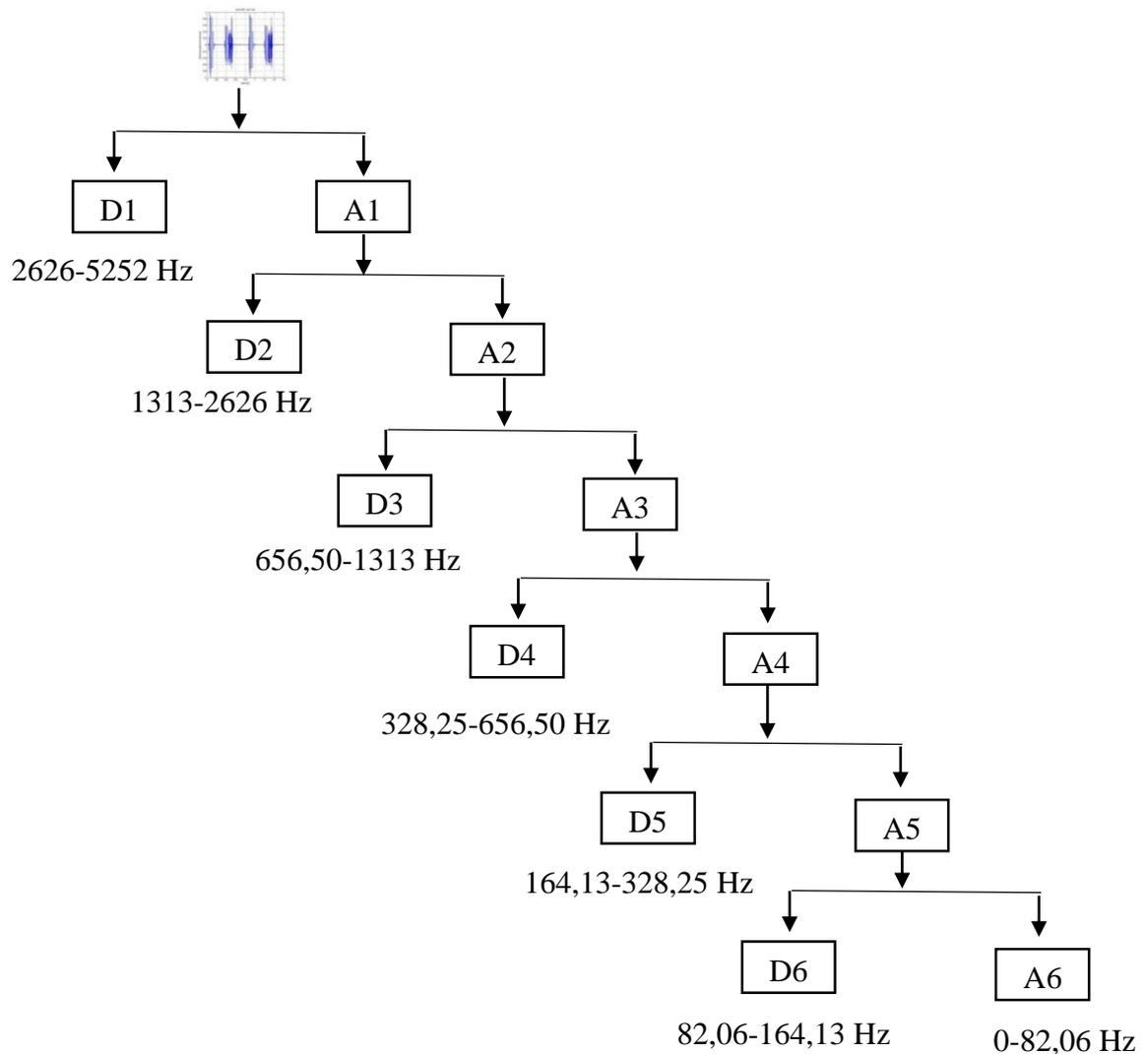


Gambar 3.4. Ilustrasi proses *de-noising* sinyal dengan wavelet

Pada penelitian kali ini uji coba filter wavelet dilakukan dengan cara memberikan *noise* random gaussian pada sinyal asli sinusoidal kemudian menghilangkan komponen sinyal *noise* dengan memberikan *threshold* pada sinyal yang mengandung *noise*. Pemberian *threshold* ini bertujuan agar sinyal informasi yang memiliki informasi penting tidak ikut dihilangkan. Setelah uji coba filter wavelet memenuhi standar dari pembuatan filter digital dengan SNR berada diatas 20 dB, barulah filter wavelet diaplikasikan pada hasil rekaman suara jantung yang masih mengandung *noise*. Hasil dari sinyal suara jantung yang telah difilter kemudian akan dilakukan ekstraksi ciri sinyal menggunakan metode dekorlet dan energi sinyal dekomposisi.

3.3.5. Ekstraksi Ciri Sinyal Suara Jantung

Ekstraksi ciri merupakan tahapan yang sangat penting dalam pengolahan sinyal suara jantung, karena dengan ekstraksi ciri dapat menggambarkan ciri khas (kekhasan) antara satu kelompok suara jantung dengan kelompok suara jantung yang lain. Dalam penelitian ini, ekstraksi ciri dilakukan dengan menggunakan metode Dekorlet serta menggunakan energi dekomposisi wavelet. Dekomposisi yang dilakukan pada penelitian ini sebanyak 6 tingkat dengan frekuensi sampling *phonocardiogram* sebesar 10504 Hz.



Gambar 3.5. Dekomposisi 6 tingkat sinyal suara jantung

Rentang frekuensi masing-masing tingkat atau sub-band ditunjukkan seperti pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Rentang frekuensi sub-band sinyal suara jantung 6 tingkat

Semua Sinyal Suara Jantung $F_s=10504$ Hz

Sub-band	Rentang frekuensi (Hz)
A6	0-82,06
D6	82,06-164,13
D5	164,13-328,25
D4	328,25-656,50
D3	656,50-1313
D2	1313-2626
D1	2626-5252

Rentang frekuensi pada tiap-tiap sub-band kemudian dilakuka ekstraksi ciri dengan menggunakan metode Dekorlet dan Energi Sinyal dari dekomposisi sinyal suara jantung tersebut.

3.3.5.1. Metode Dekomposisi dan Korelasi (Dekorlet)

Metode dekorlet merupakan suatu metode yang menggabungkan antara dekomposisi dengan korelasi sinyal. Korelasi yang digunaka pada penelitian ini menggunakan jenis kroskorelasi. Hal ini didasari dari sifat korelasi yang dapat menggambarkan tingkat kesamaan suatu sinyal dengan sinyal referensi dari hasil proses korelasi. Korelasi dilakukan antara sinyal dekomposisi suara jantung normal dengan sinyal dekomposisi suara jantung abnormal lainnya. Sinyal dekomposisi suara jantung normal digunakan sebagai referensi atau pembanding sedangkan sinyal dekomposisi suara jantung abnormal digunakan sebagai pola yang akan

dikenali. Dekomposisi yang dilakukan pada penelitian ini sebanyak 6 tingkat dengan range frekuensi dari *phonocardiogram* sebesar 0-5252 Hz. Hasil dekomposisi ini kemudian dilakukan korelasi dengan menggunakan persamaan umum kros-korelasi sebagai berikut.

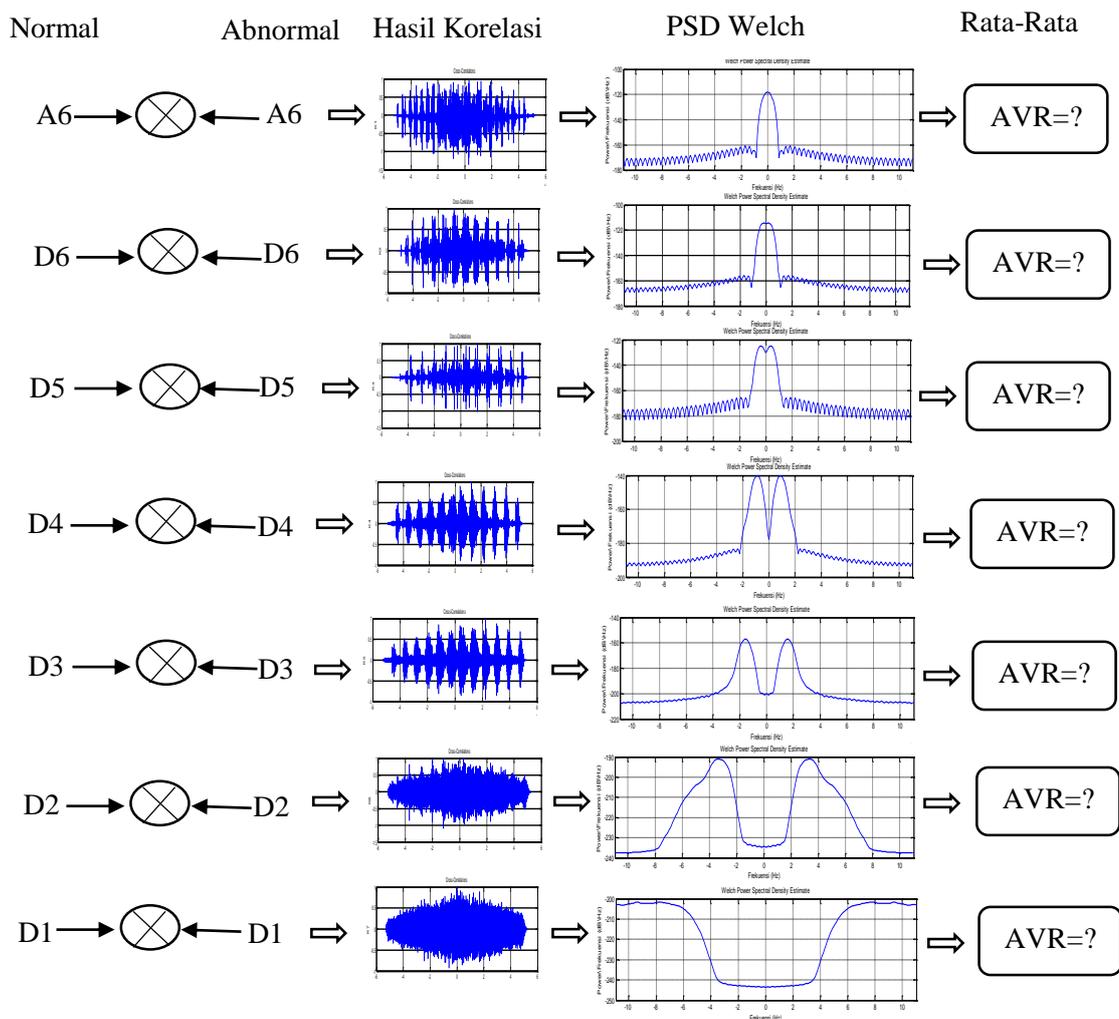
$$x(n) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} y(n)z(n - k) \quad (35)$$

dengan:

$x(n)$ = sinyal dekomposisi suara jantung Normal

$z(n - k)$ = sinyal dekomposisi suara jantung Abnormal

Proses kroskorelasi suara jantung yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat seperti pada Gambar 3.6 berikut.



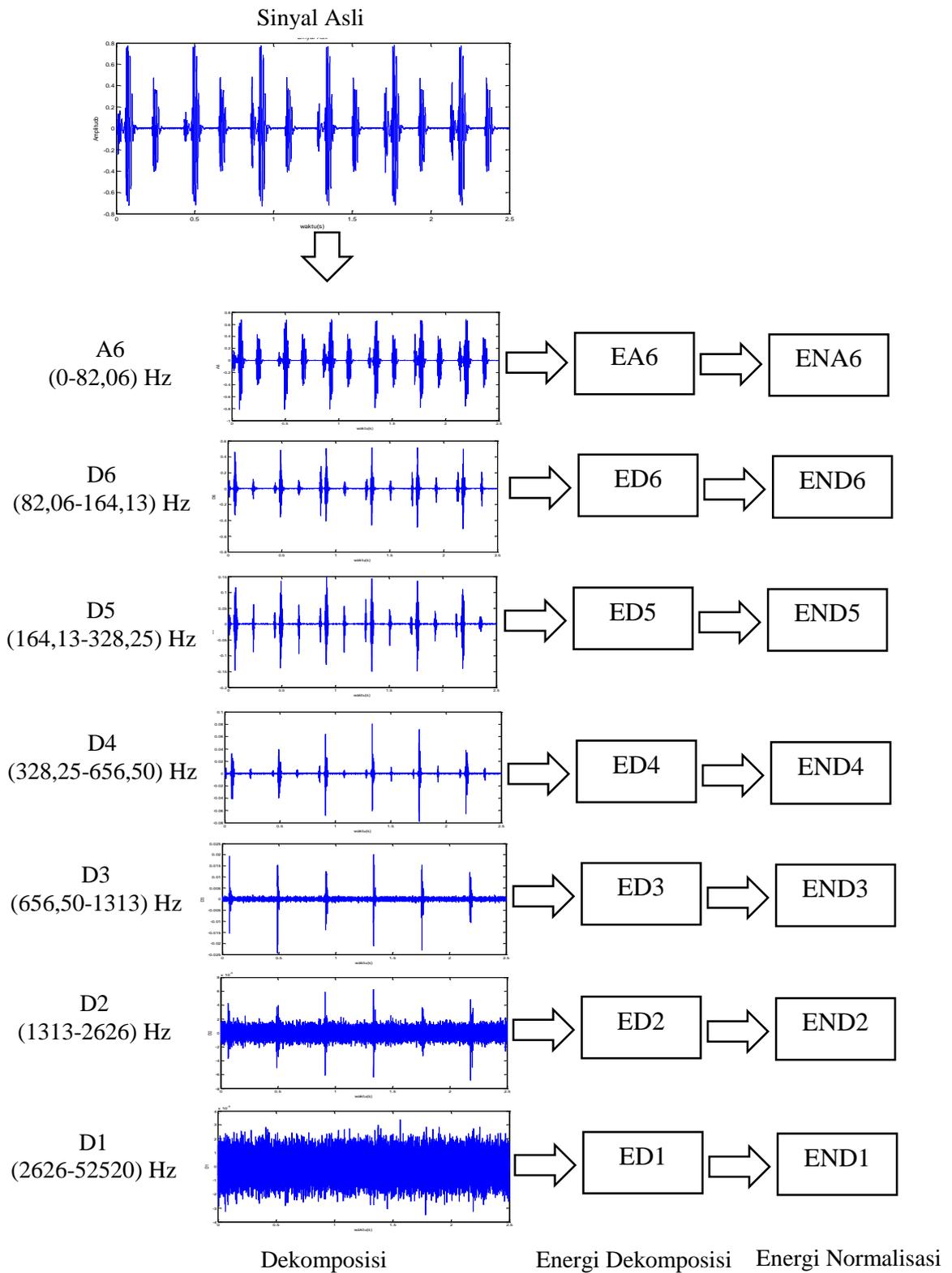
Gambar 3.6. Proses ekstraksi ciri suara jantung dengan metode dekorlet

Gambar 3.6 diatas menunjukkan proses kroskorelasi suara jantung dengan metode dekorlet. Pengkorelasian dilakukan dengan cara mengkroskorelasikan sinyal pada sub-band aproksimasi dan detil untuk suara jantung normal dengan suara jantung abnormal yang dilakukan pada masing-masing sub-band dekomposisi. Hasil korelasi sinyal pada masing-masing sub-band kemudian akan dilakukan perhitungan *Power Spectral Density* (PSD) untuk melihat rapat spectral daya dari hasil korelasi.

Power Spectral Density yang digunakan adalah metode Welch. Perhitungan PSD Welch dapat menggunakan persamaan 18 yang tertera dalam teori dasar. Kemudian dari hasil perhitungan korelasi sinyal menggunakan *Power Spectral Density* (PSD) metode welch dirata-rata dan dijadikan inputan dalam jaringan syaraf tiruan.

3.3.5.2. Metode Transformasi Wavelet Diskrit dengan Energi Normalisasi Dekomposisi

Untuk metode Transformasi Wavelet Diskrit proses pengolahan sinyal hampir sama dengan metode Dekorlet. Langkah pertama yang dilakukan yaitu mendekomposisikan sinyal suara jantung sebanyak 6 tingkat seperti pada Gambar 3.5 diatas, sehingga diperoleh koefisien sinyal aproksimasi dan detil sebesar A6, D6, D5, D4, D3, D2 dan D1. Hasil akhir dari dekomposisi ini akan dilakukan perhitungan energi sinyal dekomposisi pada masing-masing sub-band. Ilustrasi ekstraksi ciri dengan metode energi sinyal dekomposisi wavelet dapat dilihat seperti pada Gambar 3.7 berikut.



Gambar 3.7. Proses ekstraksi ciri suara jantung dengan metode energi sinyal

Energi dekomposisi rerata sinyal detil tiap sub-band E_{Di} dihitung dengan persamaan:

$$E_{Di} = \frac{\sum(D_i(k))^2}{\text{jumlah cuplik } D_i}, k=1, 2, 3, \dots, \text{jumlah cuplik } D_i \quad i=1, 2, 3, \dots, N \quad (36)$$

Energi dekomposisi rerata sinyal aproksimasi tiap sub-band E_{Ai} dihitung dengan persamaan:

$$E_{Ai} = \frac{\sum(A_i(k))^2}{\text{jumlah cuplik } A_i}, k=1, 2, 3, \dots, \text{jumlah cuplik } A_i \quad i=1, 2, 3, \dots, N \quad (37)$$

Masing-masing energi dekomposisi rerata kemudian dinormalisasi sehingga rentang nilainya antara 0 dan 1 dengan persamaan berikut:

$$EN_j = \frac{EN_j}{\text{mask}(E_{Di}, E_{A6})}, j=1, 2, 3, \dots, M=7 \quad (38)$$

dimana:

EN_j : Energi rerata normalisasi pada dekomposisi ke-j

E_{Di} : Energi rerata sinyal detil ke-i ($i=1,2,3, \dots, 6$)

E_{Ai} : Energi rerata sinyal aproksimasi ke-i ($i=1,2,3, \dots, N$)

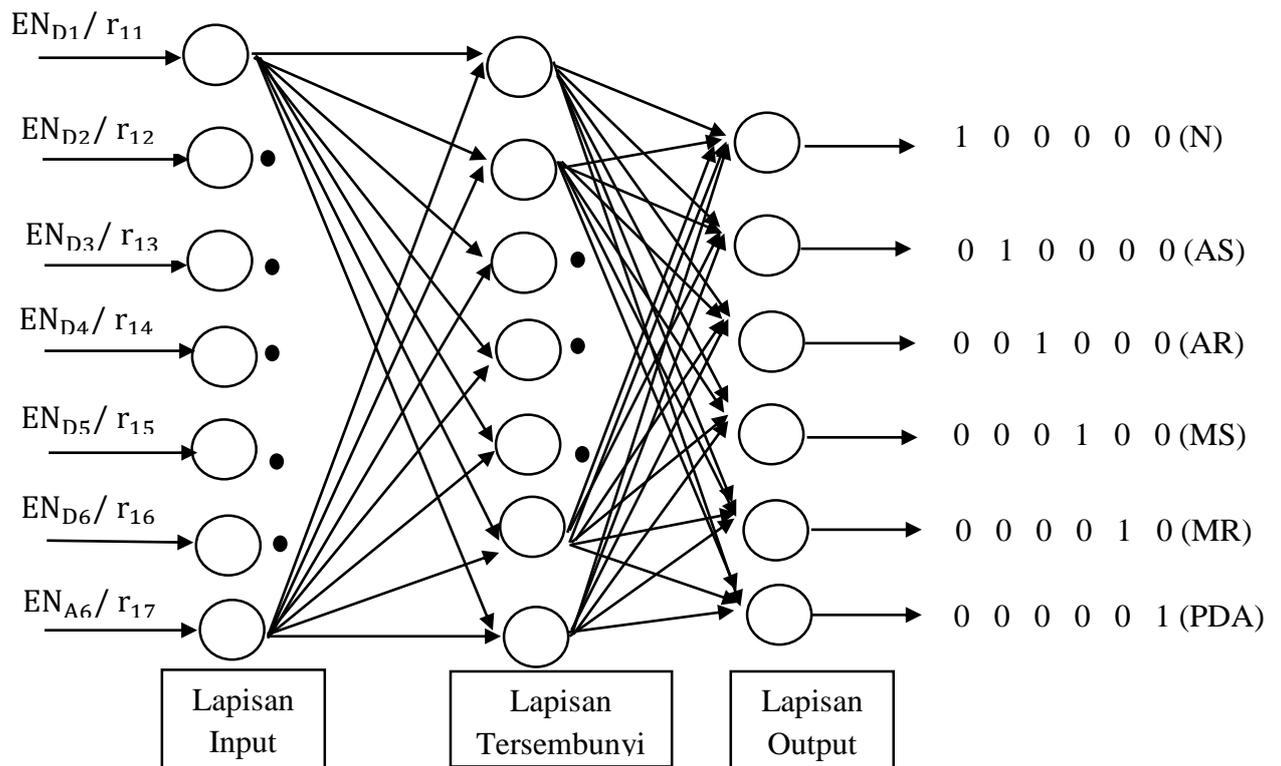
Kemudian energi rerata yang dinormalisasi dari setiap dekomposisinya akan dijadikan input jaringan syaraf tiruan (JST) balik sebagai pengenalan pola suara jantung (Surtono, 2012).

3.3.6. Pemrosesan dengan Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik (*Backpropagation*)

Proses pengklasifikasian sinyal suara jantung pada penelitian ini menggunakan jaringan syaraf tiruan (JST) perambatan balik. Data latih ini diambil dari website suara jantung yang terlebih dahulu dilakukan ekstraksi ciri sinyal suara jantung dengan menggunakan Dekorlet maupun energi sinyal. Suara jantung yang menjadi

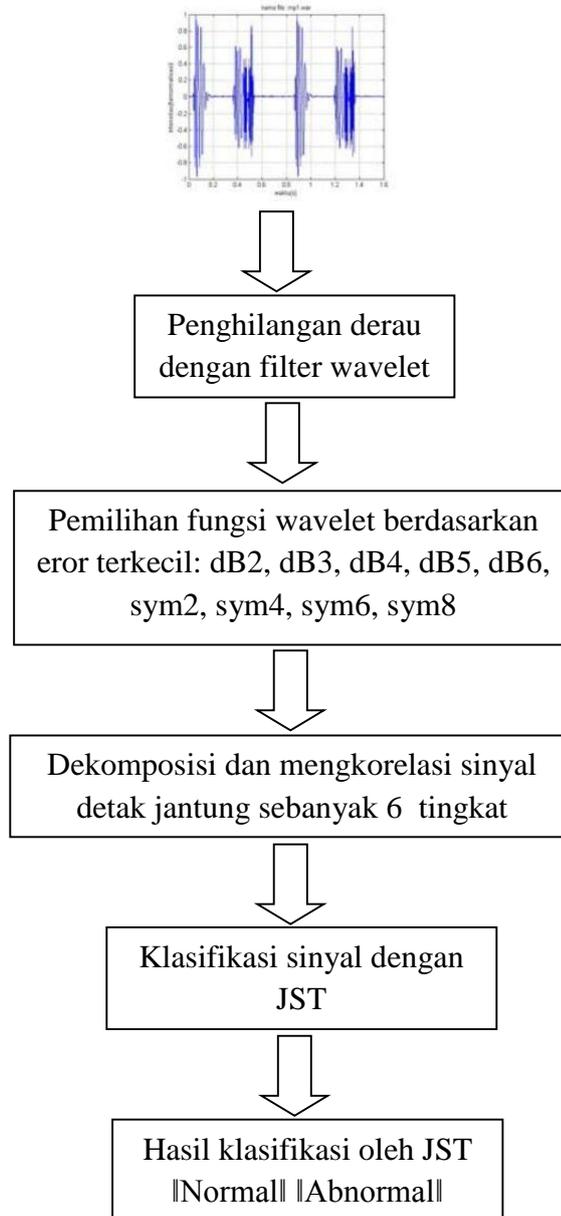
data latih jaringan terdiri dari 6 jenis suara jantung yaitu jenis suara jantung Normal (N), *Aortic stenosis* (AS), *Mitral regurgitation* (MR), *Aortic regurgitation* (AR), *Mitral stenosis* (MS) dan *Patent ductus arteriosus* (PDA).

Struktur JST terdiri atas unit input, unit lapisan tersembunyi dan unit output. Fungsi aktivasi pada lapisan tersembunyi dan lapisan output menggunakan fungsi sigmoid biner. Unit input terdiri atas 7 neuron sesuai dengan jumlah inputan dari ekstraksi ciri, yaitu r_{11} , r_{12} , r_{13} , r_{14} , r_{15} , r_{16} dan r_{17} (menggunakan metode dekorlet) serta EN_{D1} , EN_{D2} , EN_{D3} , EN_{D4} , EN_{D5} , EN_{D6} dan EN_{A6} (menggunakan transformasi wavelet diskrit dan energi sinyal). Unit lapisan tersembunyi terdiri atas 7 neuron dan lapisan output terdiri dari 6 neuron.



Gambar 3.8. Arsitektur jaringan syaraf tiru untuk pengenalan pola suara jantung

Blok diagram perancangan *software* untuk pengolahan sinyal detak jantung pada penelitian ini dapat dilihat seperti pada Gambar 3.9 dibawah ini.



Gambar 3.9. Diagram blok pengolahan sinyal suara jantung

3.3.7. Pengujian Sistem Jaringan Syaraf Tiruan

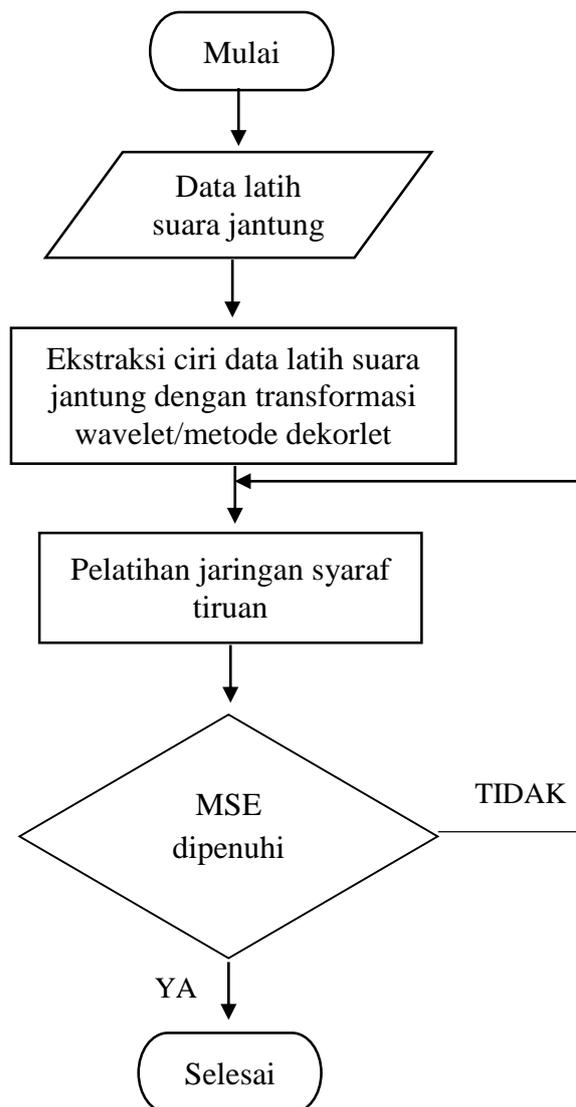
Pengujian sistem jaringan syaraf tiruan dilakukan dengan inputan berasal suara jantung yang dijadikan data latih dan sampel yang diambil dari suara jantung manusia. Untuk sampel data suara jantung proses pengambilan sampel data dilakukan dengan cara merekam suara jantung pasien secara langsung dan menyimpan hasil rekaman dalam format data wav. Kemudian dilakukan pemrosesan sinyal dari de-noising sinyal sampai ekstraksi ciri sinyal terlebih dahulu sebelum masuk ke jaringan syaraf tiruan.

Tingkat keberhasilan jaringan syaraf tiruan dalam mengenali pola dapat dihitung menggunakan persamaan 39 berikut.

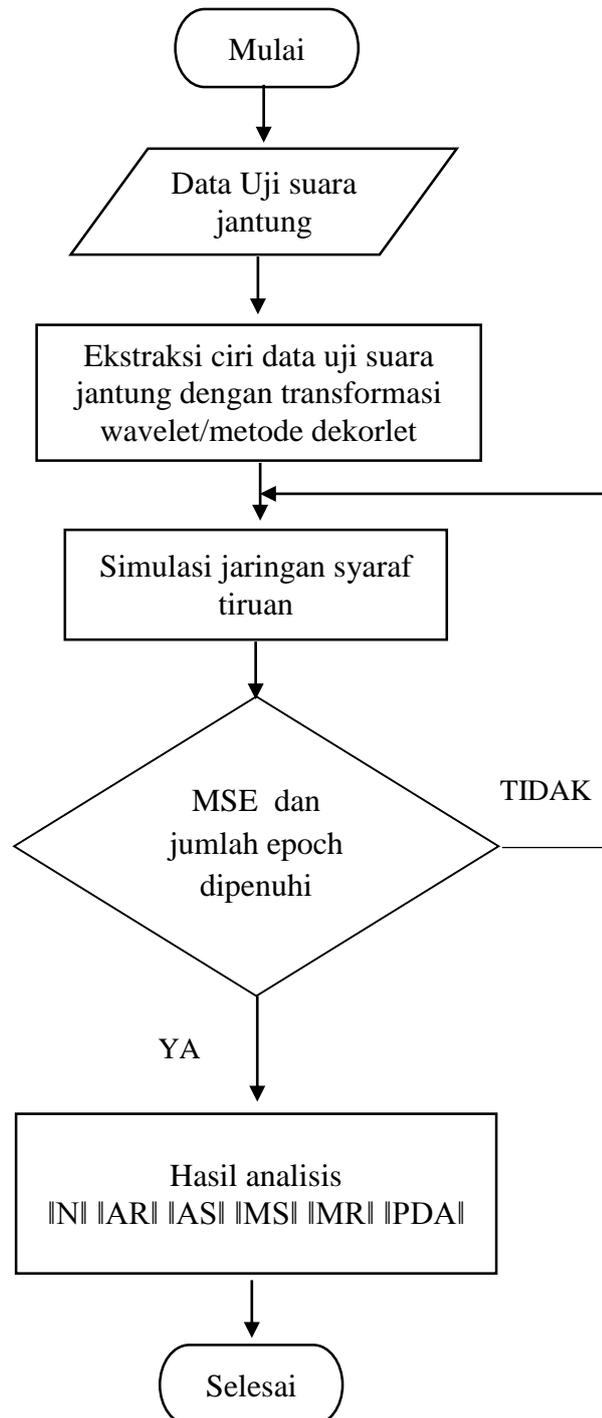
$$\text{Persentase Keberhasilan JST (\%)} = \frac{\text{Jumlah data yang dikenali}}{\text{Jumlah data keseluruhan}} 100\% \quad (39)$$

3.4. Flowchat Penelitian

Berdasarkan serangkaian metode akuisisi data dan analisis sinyal suara jantung flowchat penelitian kali ini dibagi menjadi dua bagian yaitu flowchat pelatihan JST dan flowchat simulasi JST seperti ditunjukkan pada Gambar 3.10 dan 3.11 berikut.



Gambar 3.10. Flowchat pelatihan JST



Gambar 3.11. Flowchat simulasi JST