

### II.3. Teori Pendukung

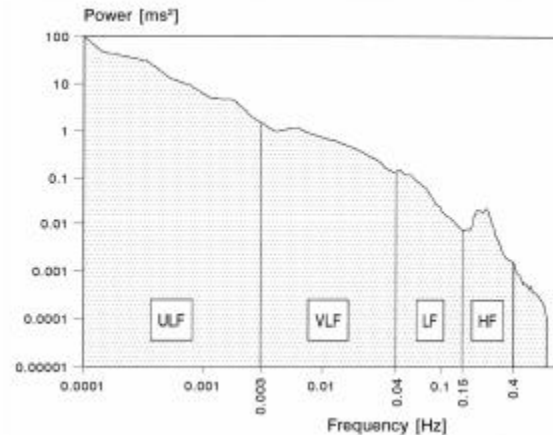
Berikut merupakan teori teori pendukung yang di jadikan landasa penulis dalam pengembangan penelitian ini.

#### II.3.1. *Heart Rate Variability (HRV)*

Fenomena fisiologis dimana terjadi variasi interval waktu antar detak jantung disebut dengan *heart rate variability (HRV)*. HRV juga sering disebut dengan istilah *R-R interval* karena umumnya yang diukur adalah interval waktu pada sinyal EKG. Investigasi HRV membutuhkan pendekatan tiga langkah. Pertama, sebuah kondisi harus ditentukan di mana pengukuran sinyal denyut jantung dan variabilitasnya memberikan informasi yang relevan. Untuk yang kedua, itu penting untuk mendeteksi sinyal yang memadai, untuk mengidentifikasi artefak potensial dan mengelolanya dan pada akhirnya mendapatkan seri waktu dalam milidetik antara detak jantung yang mungkin dianalisis. Langkah ketiga terdiri dari berbagai bentuk analisis yang kembali berbagai parameter yang akan digunakan untuk menganalisis keadaan sistem. Sebelum parameter HRV dapat dihitung, preprocessing dari data mentah diperlukan. Artefak harus dihapus, dan denyut ektofik harus diidentifikasi dan ditangani. Beberapa algoritma berbasis komputer menyediakan identifikasi otomatis dan pengelolaan ketukan ektofik, tetapi sebagian besar protokol termasuk a tinjauan manual sinyal EKG. Sebagian besar algoritma untuk analisis HRV jangka pendek membutuhkan stasioneritas irama jantung. Ritme jantung seharusnya tidak menambah atau mengurangi selama periode pengukuran. Tepat aturan stasioneritas akan menuntut agar distribusi jangka waktu tidak berubah dari waktu ke waktu. Aturan yang lebih lemah hanya menuntut itu rata-rata dan kovarians stabil.

Perkiraan peluang kematian setelah pernah mengalami serangan jantung. Analisis pada penderita diabetes, analisis kelainan jantung, pengamatan pada pasien transplantasi jantung, dan pengamatan pada bayi prematur merupakan beberapa penerapan HRV[]. Hal-hal yang dapat mempengaruhi HRV antara lain *time-domain*, *frequency-domain (Fast Fourier Transform)*, dan spektogram (*time-frequency*). Oleh sebab itu pada penelitian ini akan dirancang alat yang dapat memberikan hasil berupa nilai-nilai parameter HRV beserta grafik *Power Spectral Density (PSD)* seperti yang akan dijelaskan di bawah. *American Heart Association (AHA)*, membagi beberapa daerah frekuensi untk analisis HRV dalam hubungannya dengan sistem saraf otonom terhadap berbagai macam rangsangan. Tujuannya adalah untuk mengetahui sistem saraf mana yang berpengaruh pada frekuensi tersebut. AHA membagi frekuensi dalam beberapa kategori, *high*

*frequency (HF)* 0,15 Hz-0,4 Hz, *low frequency (LF)* 0,15 Hz – 0,04 Hz, dan *very low frequency (VLF)* 0,04 Hz – 0,003 Hz, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar



Terdapat juga beberapa variabel yang didapat dari pengukuran statistik (termasuk dalam analisis ranah waktu) dan spectral analysis (termasuk dalam analisis ranah frekuensi). Untuk pengukuran statistik beberapa variabel yang dihitung antara lain NN (interval antar QRS yang berdekatan atau disebut juga RR interval), NN50 (jumlah pasangan NN yang memiliki interval lebih dari 50 ms), pNN50 (perbandingan antara NN50 dan NN), RMSSD yang memberikan estimasi komponen HRV jangka pendek seperti pernapasan, SDNN (standar deviasi dari semua NN interval) dan SDANN (standar deviasi dari rata-rata NN interval dalam 5 menit dari seluruh pengukuran 24 jam)[10].

### II.3.2. Wavelet Transform

Transformasi wavelet adalah sebuah transformasi matematika yang digunakan untuk menganalisis sinyal bergerak. Sinyal bergerak ini dianalisis agar bisa didapatkan informasi spectrum frekuensi dan waktunya secara bersamaan. Transformasi wavelet hadir sebagai pelengkap sekaligus perbaikan dari metoda sebelumnya yaitu transformasi Fourier. Kemampuan transformasi Fourier yang terbatas pada analisa frekuensi dan amplitude, tidak dapat digunakan untuk menganalisa kapan frekuensi tertentu terjadi. Selain itu fourier hanya mampu menangani gelombang yang tidak berubah banyak terhadap waktu (stasioner). Tidak jauh berbeda dengan Short Time Fourier Transform (STFT) yang telah mampu mengambil parameter frekuensi terhadap waktu, namun mengalami keterbatasan presisi (dalam hal ini ukuran window). Ukuran

waktu window yang ditentukan dalam STFT akan sama untuk semua frekuensi, sedangkan teknik windowing pada wavelet bervariasi.

Transformasi wavelet memiliki dua seri dalam pengembangannya yaitu *Continuous Wavelet Transform (CWT)* dan *Discrete Wavelet Transform (DWT)*. Seri pengembangan kedua dari transformasi wavelet adalah *Discrete Wavelet Transform (DWT)*. Seri pengembangan ini merupakan seri CWT yang didiskritkan.

### **II.3.2.1. Discrete Wavelet Transform**

Pada seri *Discrete Wavelet Transform*, penggambaran sebuah skala waktu sinyal digital didapatkan dengan menggunakan teknik filterasi digital. Secara garis besar proses dalam teknik ini adalah dengan melewati sinyal yang akan dianalisis pada filter dengan frekuensi dan skala yang berbeda.

Filterasi merupakan sebuah fungsi yang digunakan dalam pemrosesan sinyal. *Wavelet* dapat direalisasikan menggunakan iterasi filter dengan penskalaan. Resolusi dari sinyal, yang merupakan rata-rata dari jumlah detail informasi dalam sinyal, ditentukan melalui filterasi ini dan skalanya didapatkan dengan *upsampling* dan *downsampling (subsampling)*.

Sinyal yang akan dianalisis harus dilewatkan dalam dua filterasi DWT yaitu *highpass filter* dan *lowpass filter* agar frekuensi dari sinyal tersebut dapat dianalisis. Analisis sinyal dilakukan terhadap hasil filterasi *highpass filter* dan *lowpass filter* dimana *highpass filter* digunakan menganalisis frekuensi tinggi dan *lowpass filter*.

### **II.3.2.2 Continuous Wavelet Transform (CWT)**

*Continuous Wavelet Transform* atau transformasi wavelet kontinu digunakan untuk menganalisa sinyal non- stasioner, dengan sifat statistiknya berubah sepanjang waktu. Wavelet mampu melakukan analisis local dengan window sekecil mungkin terhadap suatu sinyal ( window ini dapat digeser dan dimampatkan). CWT didefinisikan sebagai jumlah waktu keseluruhan sinyal dikalikan dengan fungsi wavelet yang melalui proses *scale* dan *shift*. Factor *scale* (skala) menyimpan informasi tentang frekuensi dan *shift* ( posisi ) menyimpan informasi mengenai waktu.

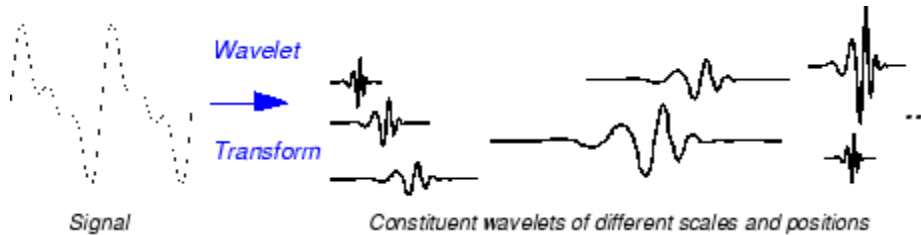
$$C(\text{Scale}, \text{position}) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \Psi(\text{scale}, \text{position}, t) dt$$

C = hasil CWT

f(t) = fungsi sinyal

$\Psi$  = Mother wavelet

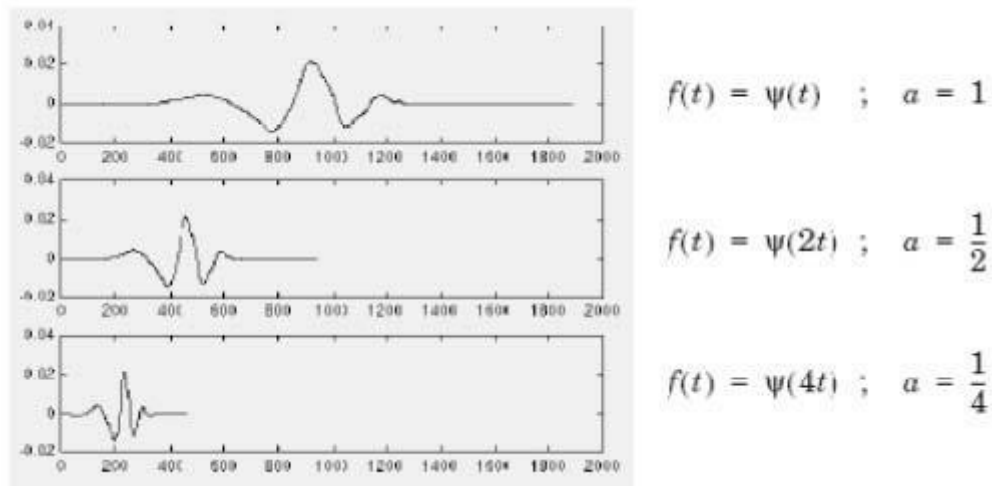
Hasil dari CWT adalah dari banyaknya coefficient wavelet (C), yang merupakan fungsi dari skala dan posisi. Dengan mengalikan setiap coefficient, maka komponen wavelet dari sinyal asli digambarkan sebagai berikut :



Gambar II.3. Sinyal asli yang dibagi menjadi beberapa komponen wavelet

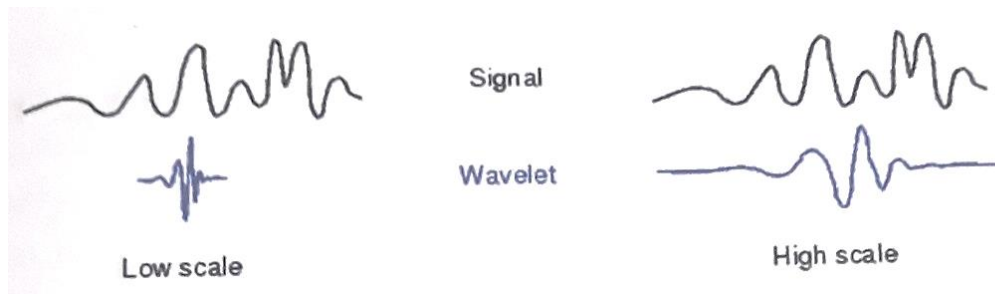
### Scaling

Skala pada wavelet yaitu merennggakan atau memadatkan (kompresi) pada komponen sinyal. Pada wavelet factor skala didenotasikan dengan huruf  $\alpha$ , berikut merupakan factor skala wavelet:



Gambar II.3.2.2 Faktor Skala pada Wavelet

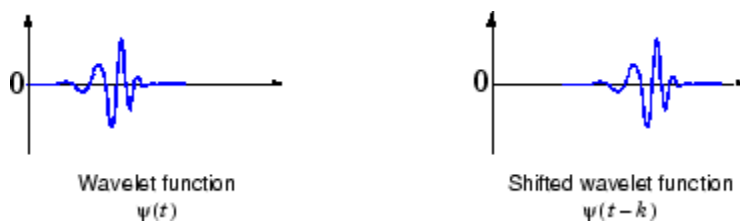
Dan berikut merupakan hubungan antara skala dan frekuensi pada wavelet



Gambar II.3.2.3 Hubungan antara skala dan frekuensi pada wavelet

### **Shifting(pergeseran)**

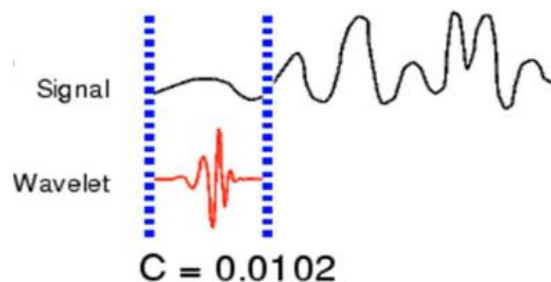
Pergeseran pada wavelet berarti menunda atau mempercepat sinyal. Sebuah fungsi  $f(t)$  yang digeser oleh  $k$  maka fungsi tersebut akan menjadi  $f(t-k)$ .



Gambar II.3.2.4 Sinyal yang mengalami pergeseran sejauh  $k$

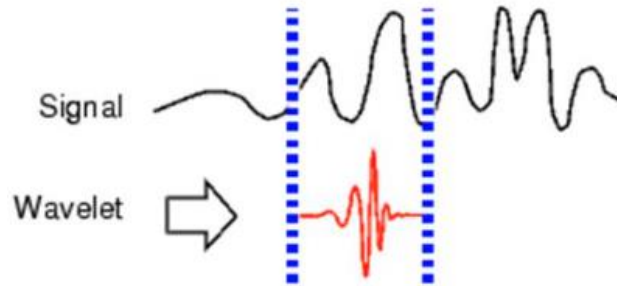
Berikut langkah- langkah untuk menentukan CWT :

1. Pilih sebuah fungsi wavelet dan bandingkan dengan bagian awal dari sinyal asli.
2. Hitung  $C$ ,  $C$  mempresentasikan seberapa dekat wavelet dengan sinyal berkorelasi.



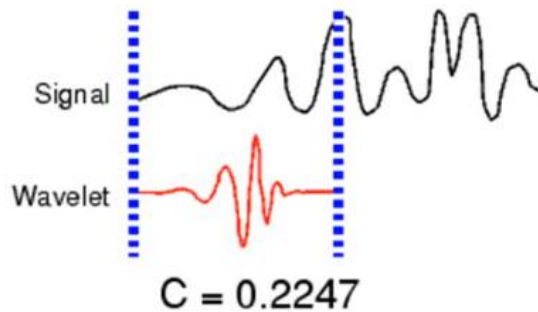
Gambar korelasi antara wavelet dengan sinyal asli

3. Geser wavelet ke kanan dan lakukan langkah pertama dan kedua untuk seluruh bagian sinyal



Gambar pergeseran wavelet

4. Regangkan wavelet dan ulangi tahap pertama sampai ketiga



Gambar peregangan wavelet

5. Ulangi tahap pertama sampai ke 4 untuk mendapatkan hasil seluruh skala

Pada akhirnya kita akan mendapatkan koefisien (C) dengan skala yang berbeda di setiap bagian sinyal. Koefisien merupakan hasil regresi dari sinyal asli yang dilakukan pada wavelet.