RINGKASAN DISERTASI

IDENTIFIKASI ISYARAT ELEKTROKARDIOGRAM SEGMEN ST DAN KONTRAKSI VENTRIKEL PREMATUR BERBASIS GELOMBANG SINGKAT



Oleh:

I Dewa Gede Hari Wisana

UNIVERSITAS GADJAH MADA YOGYAKARTA 2013

DAFTAR ISI

1. Halaman Judul	i
2. Halaman Pengesahan	ii
3. Daftar Isi	ii
4. Intisari	iv
5. BAB I. Pendahuluan	1
6. BAB II. Tinjauan Pustaka	4
7. BAB III. Metodologi Penelitian	7
8. BAB IV. Hasil dan Pembahasan	10
9. BAB V. Kesimpulan Saran dan Daftar Pustaka	16

INTISARI

Penyakit jantung merupakan masalah kesehatan masyarakat karena morbiditas dan mortalitas yang tinggi. Pada penyakit jantung, identifikasi kemunculan (*Premature Ventricular Contraction*) PVC dan Segmen ST sangat penting diketahui, untuk menentukan strategi terapi dan prognosis. PVC mengindikasikan peningkatan resiko mengalami kematian yang tiba-tiba dan kemunculan Segmen ST sering menjadi tanda awal dari serangan jantung. PVC dan Segmen ST ini seringkali tidak terdeteksi jika pemeriksaan dilakukan secara manual, hal ini disebabkan karena bentuk PVC dan Segmen ST bervariasi amplitudo,fase dan sudut kemiringannya dan seringkali muncul hanya beberapa saat diantara isyarat elektrokardiogram normal. Pendeteksian PVC dan Segmen ST secara tepat inilah yang melatarbelakangi penelitian ini. Penelitian ini bertujuan utk mengidentifikasi kelainan PVC dan Segmen ST menggunakan deteksi gelombang singkat. Metode ini digunakan untuk mengoptimalkan fungsi komponen frekuensi terhadap waktu dibandingkan metode STFT.

Gelombang singkat baru dibentuk dengan mencari nilai korelasi tertinggi pada setiap skala gelombang singkat sampai didapat persamaan gelombang singkat baru. Analisis statistik menggunakan uji area under curve (AUC) untuk menilai sensitivitas desain gelombang singkat baru. Keaslian penelitian ini diaplikasikan pada tiga gelombang singkat baru. DeGeNorm, DeGePVC dan DeGeSTSeg. Penelitian ini telah divalidasi menggunakan sampling rate dan isyarat derau yang berbeda serta beragam morfologi isyarat yang diambil dari enam buah sadapan. Hasil dari penelitian ini juga telah dibandingkan dengan gelombang singkat morlet dan mexican hat.

Hasil penelitian menunjukkan keberhasilan gelombang singkat baru ini. DeGeNorm bernilai auc=0,998. DeGePVC bernilai auc=0,988 dan DeGeSTSeg bernilai auc=0,994. Nilai-nilai ini lebih tinggi dibandingkan dengan Mexican hat dan Morlet yang memiliki nilai auc=0,753. Keuntungan menggunakan deteksi gelombang singkat baru ini mengurangi kepekaan terhadap derau dengan penentuan masing-masing komponen elektrokardiogram secara akurat dan cepat. Hal ini disebabkan karena gelombang singkat yang ada digunakan secara umum dan tidak dikhususkan untuk identifikasi PVC dan Segmen ST.

Kata kunci: Elektrokardiogram, Deteksi Gelombang Singkat, PVC, Segmen ST

BABI

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Di Indonesia, penyakit jantung cenderung meningkat sebagai penyebab kematian. Penyakit jantung sampai saat ini dilaporkan sebagai penyebab utama kematian dini pada laki-laki usia menengah sebesar 40 % (Anis, 2006).

Penyakit jantung merupakan masalah kesehatan masyarakat yang penting karena morbiditas dan mortalitasnya yang tinggi. Elektrokardiogram dapat dipakai sebagai pemeriksaan awal, untuk memprediksi kelainan jantung bila tidak terdapat fasilitas pemeriksaan angiografi koroner. Pada penyakit jantung, identifikasi kemunculan PVC dan Segmen ST sangat penting diketahui, untuk menentukan strategi terapi dan prognosis. PVC mengindikasikan peningkatan resiko mengalami kematian mendadak dan kemunculan Segmen ST sering menjadi tanda awal dari serangan jantung.

PVC dan Segmen ST seringkali tidak terdeteksi jika pemeriksaan dilakukan secara manual. Hasil pemeriksaan manual bentuk PVC dan Segmen ST bervariasi berdasarkan amplitudo, fase, sudut kemiringan. PVC dan Segmen ST seringkali muncul hanya beberapa saat diantara sinyal elektrokardiogram yang normal. Oleh karena itu diperlukan penentuan PVC dan penentuan Segmen ST yang lebih tepat. Untuk mendeteksi PVC dan Segmen ST teknik FFT tidak digunakan karena tidak dapat menyediakan informasi mengenai lokasi yang tepat pada komponen frekuensinya. Sinyal elektrokardiogram memiliki konten frekuensi dengan waktu yang bervariasi, sehingga keakuratan komponen frekuensi terhadap waktu sangatlah penting. Untuk mengoptimalkan fungsi komponen frekuensi dengan waktu yang tepat maka digunakanlah metode gelombang singkat (wavelet).

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat disimpulkan beberapa permasalahan:

- 1. Bagaimana pengolahan awal isyarat elektrokardiogram untuk mengidentifikasi QRS kompleks, PVC dan Segmen ST?
- 2. Bagaimana metode koefisien korelasi sinyal dapat digunakan untuk ekstraksi ciri isyarat elektrokardiogram QRS kompleks, PVC dan Segmen ST?
- 3. Bagaimana membuat gelombang singkat baru untuk mendeteksi isyarat elektrokardiogram QRS Kompleks, PVC dan Segmen ST?
- 4. Bagaimana gelombang singkat baru (GS DeGeNorm) dapat digunakan untuk mendeteksi komponen QRS kompleks elektrokardiogram pada isyarat jantung normal? Bila dapat berapa besar sensitivitasnya?
- 5. Bagaimana gelombang singkat baru (GS DeGePVC) dapat digunakan sebagai identifikasi khusus untuk diagnosis PVC (*Premature Ventricular Contarction*)? Bila dapat berapa besar sensitivitasnya?
- 6. Bagaimana gelombang singkat baru (GS DeGeSTSeg) dapat digunakan sebagai identifikasi khusus untuk diagnosis Segmen ST? Bila dapat berapa besar sensitivitasnya?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui:

- Pengolahan awal isyarat elektrokardiogram untuk identifikasi QRS kompleks, PVC dan Segmen ST.
- 2. Metode koefisien korelasi sinyal untuk ekstraksi ciri isyarat elektrokardiogram QRS kompleks, PVC dan Segmen ST.
- 3. Pembuatan gelombang singkat baru untuk mendeteksi isyarat elektrokardiogram QRS Kompleks, PVC dan Segmen ST.

- 4. Penggunaan Gelombang Singkat baru (GS DeGeNorm) untuk mendeteksi komponen QRS kompleks pada isyarat jantung normal dengan nilai sensitivitas tinggi
- 5. Penggunaan gelombang Singkat baru (GS DeGePVC) untuk mengidentifikasi ketidaknormalan isyarat elektrokardiogram *Premature Ventricular Contraction* dengan nilai sensitivitas tinggi.
- 6. Penggunaan gelombang Singkat baru (GS DeGeSTSeg) untuk mengidentifikasi ketidaknormalan isyarat elektrokardiogram Segmen ST dengan nilai sensitivitas tinggi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian yang telah dilakukan terhadap metode identifikasi sinyal elektrokardiogram ditunjukkan dengan perkembangan sebagai berikut. Penelitian dengan frekuensi 150 Hz dilakukan pertama kali oleh Ranjith (2006). Penelitian tentang analisis gelombang elektrokardiogram dengan menggunakan gelombang singkat mexican hat yang ditambahkan dengan metode filter bank dilaporkan mempunyai sensitivitas sebesar 87,5%. Penelitian selanjutnya dilakukan dengan menggabungkan metode gelombang singkat morlet dengan metode neuro fuzzy untuk mendeteksi sinyal elektrokardiogram normal dilaporkan mempunyai sensitivitas sebesar 87,8% (Mehmet, 2007).

Metode pendeteksian elektrokardiogram tanpa menggunakan preprosesing adalah algoritma kupev. Algoritma kupev dilaporkan mempunyai sensitivitas sebesar 90% (Darrington, 2009). Penelitian dengan menggunakan metode discrete wavelet transform untuk mendeteksi sinyal elektrokardiogram normal dilaporkan mempunyai sensitivitas sebesar 96,2 % (Ubeyli, 2010).

Penelitian yang diusulkan untuk disertasi ini adalah dalam rangka mendesain gelombang singkat baru dengan frekuensi 250Hz dan waktu 0,004ms. Dilakukan analisis identifikasi sinyal elektrokardiogram, dengan menggunakan deteksi gelombang singkat baru dengan waktu paling singkat. Sepengetahuan penulis, penggunaan gelombang singkat baru belum pernah dilaporkan.

2.2 PVC (Premature Ventricular Contraction)

PVC adalah impuls elektrik ekstra yang muncul dari ventrikel kiri. Irama jantung dikontrol oleh sinyal elektrik pada bagian sinus node atrium kanan. Sinyal elektrik melewati kedua atrium, kemudian masuk ventrikel melalui AV node. Pola aktivasi elektrik normal membuat atrium berkontraksi. Irama jantung normal

mempertahankan sinkronisasi optimal antara atrium dan ventrikel (Gabriel, 2003). PVC disebabkan oleh impuls elektrik spontan yang muncul dalam ventrikel. Munculnya PVC mengindikasikan ketidakstabilan elektrik turunan dalam jantung. PVC mengindikasikan peningkatan risiko kematian mendadak (Gabriel, 2003). PVC multifokal mempunyai perbedaan posisi awal, yang diukur dari QRS kompleks sebelumnya. PVC multifokal mempunyai jarak yang sama karena berasal dari ektopik yang sama.

2.3 Segmen ST

Infark memunculkan depresi segmen ST. Depresi segmen ST terlihat di lead 2 dan lead 3 dari 12 lead grafik sinyal jantung. Tingkat depresi ST di satu lead dapat bervariasi setiap detak. Depresi Segmen ST biasanya ditandai dalam lead inferior. Elevasi segmen ST pasien yang mengalami nyeri dada adalah gambaran dari iskemia. Segmen ST dihubungkan dengan ketidak normalan gerakan dinding jantung. Grafik sinyal jantung menunjukkan inversi gelombang T yang menyertai perubahan infark miokard akut sebelumnya. Iskemia dapat membentuk inversi gelombang T yang lebih tinggi. Percobaan klinis telah menunjukkan bahwa supresi oleh obat-obat antiaritmia tidak mempengaruhi frekuensi fibrilasi ventrikular berikutnya.

2.4 Gelombang Singkat

Telah diketahui dalam teori alih ragam Fourier (Fast Fourier Transform) bahwa sinyal dapat diekspresikan sebagai penjumlahan dari deretan sinus dan cosinus yang terbatas. Penjumlahan ini dikenal dengan nama deret Fourier (Fourier expansion). Kerugian terbesar dari deret Fourier hanya memiliki resolusi frekuensi dan tidak mempunyai resolusi waktu. walaupun alih ragam Fourier dapat menunjukkan semua frekuensi yang ada pada suatu sinyal tetapi tidak mengetahui kapan sinyal itu terjadi.

Untuk menyelesaikan masalah resolusi waktu telah dikembangkan suatu teknik yang dapat lebih merepresentasikan sinyal dalam domain waktu dan frekuensi pada waktu bersamaan dengan menggunakan gelombang singkat.

Gelombang singkat adalah suatu fungsi matematika yang membagi data menjadi beberapa komponen frekuensi. Analisis setiap komponen menggunakan resolusi yang sesuai dengan skalanya. Gelombang singkat mempunyai keuntungan dibandingkan dengan metode alih ragam *Fourier* dalam hal menganalisis sinyal *non-stationer*. Analisis sinyal dilakukan dengan cara membuat sinyal secara terpisah. Analisis sinyal memberikan informasi tentang kapan dan dimana terjadi perbedaan komponen frekuensi. Penentuan Komponen frekuensi diperlukan karena sinyal elektrokardiogram PVC dan Segmen ST memiliki konten frekuensi dengan waktu yang bervariasi. Keakuratan komponen frekuensi terhadap waktu sangatlah penting.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sampel dan Data

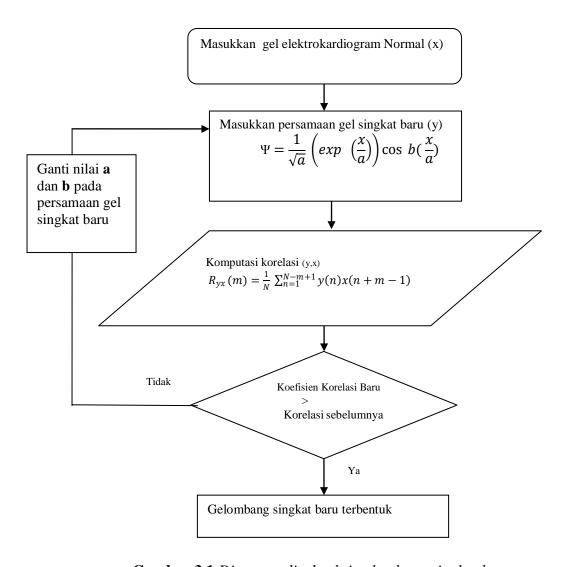
Sampel Sinyal yang digunakan dalam penelitian adalah elektrokardiogram yang diambil dengan menggunakan *Biosignal Measurement Instrument K&H Type KL-710*. Segmen ST dan PVC didiagnosa untuk setiap pasien. Kriteria seleksi tambahan dibentuk untuk mendapatkan seleksi ketidak normalan elektrokardiogram yang representatif dalam database, termasuk penggantian segmen ST dan PVC yang dihasilkan dari kondisi-kondisi seperti hypertensi, ventricular dyskinesia, dan efek pengobatan. Sinyal di export kedalam folder tertentu dengan format penyimpanan untuk masing-masing elektrokardiogram berekstensi .txt yang akan digunakan sebagai input pada program aplikasi.

3.2 Desain Penelitian

Desain penelitian yang penulis buat terdiri dari empat tahap utama. Tahap pertama adalah tahap pra pengolahan yaitu merubah sinyal format sinyal dari .txt ke dalam .mat. Tahap Pra pengolahan akan di proses menggunakan perangkat lunak matlab. Tahap kedua adalah pembentukan gelombang singkat baru. Pembentukan GS baru dengan mencari nilai korelasi tertinggi pada setiap skala gelombang singkat yang berbeda. Tahap ketiga adalah identifikasi komponen pada sinyal elektrokardiogram yang terdiri dari komponen P,Q,R,S,T dan tahap terakhir adalah pengujian hasil desain penelitian yang dibuat.

Pembentukan Gelombang singkat dengan bentuk baru dilakukan dengan melakukan inisialisasi awal persamaan dasar gelombang singkat yang ada. Di lakukan korelasi antara sinyal elektrokardiogram dengan persamaan dasar gelombang singkat yang telah ada. Korelasi antara dua buah gelombang juga dilakukan dengan skala yang berbeda. Untuk setiap perubahan skala akan dimasukkan kedalam persamaan korelasi baru. Keputusan akan diambil dengan

membandingkan nilai korelasi antara korelasi yang telah ada dengan korelasi baru. Diagram alir deteksi gelombang singkat baru dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut ini



Gambar 3.1 Diagram alir deteksi gelombang singkat baru

3.3 Metode Analisis

Pengujian penelitian dilakukan dengan membandingkan nilai sensitivitas dan spesifisitas antara hasil perancangan program dengan baku emas (gold standard). Pembuktian ada atau tidaknya PVC dan Segmen ST pada hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 *Perbandingan Hasil Analisis Penelitian*

Hasil Uji Program	Baku emas (gold standard)			
	Ya	Tidak		
Ya	Positif Benar	Positif Semu		
Tidak	Negatif semu	Negatif Benar		

Kinerja program ditentukan berdasarkan hal-hal sebagai berikut:

- Sensitivitas program, yaitu perbandingan antara hasil positif benar (PB) terhadap total jumlah positif benar (PB) dengan negatif semu (NS). Sensitivitas menunjukkan kemampuan program mendeteksi adanya PVC dan ST segmen apabila terdapat PVC dan segmen ST pada elektrokardiogram.
- 2. Spesifisitas program, yaitu perbandingan antara Positif benar (PB) terhadap total jumlah antara Positif Benar (PB) dengan positif semu (PS). Spesifitas menunjukkan kemampuan program mendeteksi tidak adanya PVC dan segmen ST apabila memang tidak terdapat PVC dan segmen ST.

Analisis statistik menggunakan kurva ROC untuk menilai sensitivitas desain gelombang singkat baru. Kurva ROC menunjukkan *trade off* antara *true positive rate* (proporsi tupel positif yang teridentifikasi dengan benar) dan *false positive rate* (proporsi tupel negatif yang seharusnya negatif terdeteksi positif). Kurva ROC menunjukkan *trade off* antara tingkat model dapat mendeteksi tupel positif secara akurat, dan tingkat model yang seharusnya tupel negatif dikenali sebagai tupel positif.

BAB IV

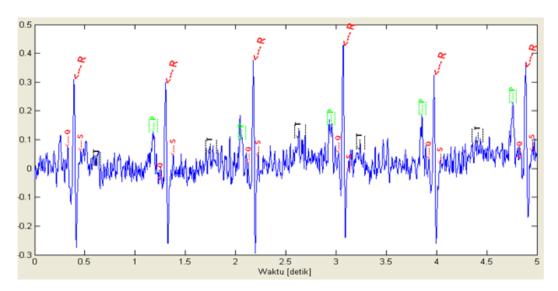
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gelombang singkat untuk Mendeteksi EKG Normal

Peneliti memperkenalkan gelombang singkat baru yang akan digunakan untuk,mendeteksi sinyal elektrokardiogram normal.

$$\psi_{DeGeNorm_1} = e^{-x^2/2}[(cos2x)*(cos2x)]$$

Hasil Pengujian GS DeGeNorm₁ dilakukan dengan cara tidak menapis derau sinyal elektrokardiogramnya, sehingga sinyal masukan elektrokardiogramnya masih mengandung derau sinyal elektrokardiogram.



Gambar 4.1 Pengujian GS DeGeNorm₁ pada Lead Dua dengan derau

GS DeGeNorm₁ mampu mendeteksi seluruh komponen elektrokardiogram meskipun terdapat derau yang cukup tinggi seperti yang terlihat paga gambar 4.1. Sensitivitas menunjukkan kemampuan program mendeteksi adanya komponen QRS apabila terdapat komponen QRS pada elektrokardiogram. Dari pengujian maka didapatkan hasil sesuai tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Sensitivitas Pendeteksian Komponen QRS dengan DeGeNorm₁

Kompleks QRS	Lead 1	Lead 2	Lead 3	avr	avl	avf
Total komponen QRS	86	86	86	86	86	86
QRS Terdeteksi	85	85	84	80	78	82
Positif Benar(PB)	85	85	84	80	78	82
Negatif Semu(NS)	1	1	2	6	8	4
Positif Semu (PS)	0	0	0	0	0	0
Sensitivitas (%)	98	98	97	93	90	95

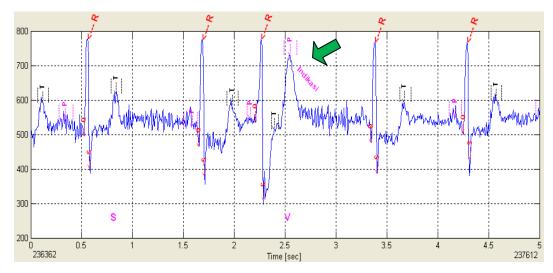
Dari hasil diatas nampak bahwa sensitivitas program rata rata 95 % untuk dapat mendeteksi puncak R dengan deteksi Gelombang Singkat DeGeNorm₁.

4.2 Gelombang singkat untuk Mendeteksi PVC

Gelombang singkat baru yang digunakan untuk mendeteksi kelainan sinyal Premature Ventricular Contraction (PVC) sebagai berikut

$$\psi_{\textit{DeGePVC}_1} = e^{-x^2/2} * \left\{ \left[\cos \left(2x - \frac{7\pi}{4} \right) \right] + \left[\sin \left(5x - \frac{6\pi}{4} \right) \right] \right\}$$

Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.2 dimana seluruh komponen dapat dideteksi dengan tepat walaupun amplitudo dan sudut komponen terdapat perbedaan dan Gelombang Singkat DeGePVC₁ sudah dapat mengidentifikasikan adanya komponen yang mempunyai kelainan.



Gambar 4.2 Pengujian GS DeGePVC₁ pada Lead Dua dengan derau

Tabel 4.2 Hasil Sensitivitas Pendeteksian Kelainan PVC dengan DeGePVC₁

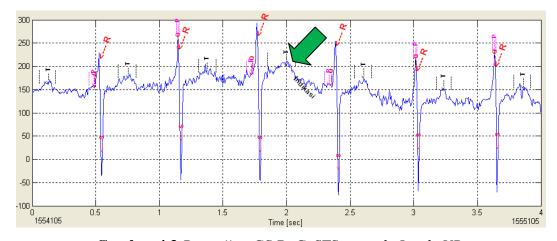
PVC	Lead 1	Lead 2	Lead 3	avr	avl	avf
Total komponen PVC	34	34	34	34	34	34
PVC Terdeteksi	30	27	32	31	32	28
Positif Benar(PB)	30	27	32	31	32	28
Negatif Semu(NS)	4	7	2	1	1	4
Positif Semu (PS)	0	0	1	2	1	2
Sensitivitas (%)	88	79	94	97	97	88

Dari hasil tabel 4.2 diatas nampak bahwa sensitivitas program rata rata 90,5 % untuk dapat mendeteksi kelainan PVC dengan deteksi Gelombang Singkat DeGePVC₁.

4.3 Gelombang singkat untuk Mendeteksi Segmen ST

Gelombang singkat baru yang didesain untuk mendeteksi kelainan sinyal Segmen ST sebagai berikut

$$\psi_{DeGeSTSeg_1} = e^{-x^2/2}[(\cos 3x) - (\sin 5x)]$$



Gambar 4.3 Pengujian GS DeGeSTSeg₁ pada Lead aVR

Pengujian deteksi Gelombang Singkat DeGeSTSeg₁ pada gelombang elektrokardiogram lead aVR yang mempunyai amplitudo negatif, seperti pada gambar 4.3, pengujian ini digunakan untuk mengetahui kemampuan Gelombang singkat DeGeSTSeg₁ untuk mendeteksi kelainan ST-Segmen pada seluruh lead elektrokardiogram.

Tabel 4.3 Hasil Sensitivitas Kelainan Segmen ST dengan DeGeSTSeg₁

Segmen ST	Lead 1	Lead 2	Lead 3	avr	avl	avf
Total komponen ST	43	43	43	43	43	43
ST Terdeteksi	38	38	39	37	41	41
Positif Benar(PB)	38	38	39	37	41	41
Negatif Semu(NS)	5	4	3	2	1	1
Positif Semu (PS)	0	1	1	4	1	1
Sensitivitas (%)	88	90	93	95	97	97

Dari hasil tabel 4.3 diatas nampak bahwa sensitivitas program rata rata 93 % untuk dapat mendeteksi kelainan ST-Segmen dengan deteksi Gelombang Singkat DeGeSTSeg₁.

4.4 Uji Hipotesis

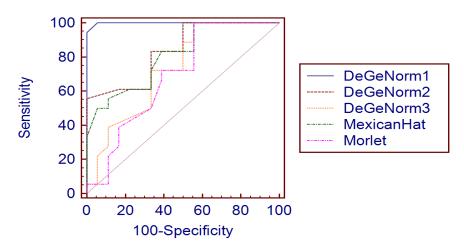
Uji hipotesis dilakukan untuk menguji apakah gelombang singkat baru yang didesain pada penelitian ini mampu mengidentifikasi kelainan PVC dan Segmen ST serta mempunyai nilai sensitivitas yang lebih baik dibandingkan dengan gelombang singkat yang sudah ada sebelumnya yaitu gelombang singkat morlet dan mexican hat. Analisis statistiknya menggunakan uji area under curve (AUC) untuk menilai sensitivitas desain gelombang singkat baru.

Setelah dilakukan pengujian untuk masing masing persamaan gelombang singkat baru DeGeNorm,Mexican Hat dan Morlet maka hasil tertinggi pada Gelombang Singkat DeGeNorm1 seperti terlihat pada tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 4.4 Hasil Sensitivitas Pendeteksian Komponen QRS dengan Seluruh GS

Deteksi QRS	PB	NS	PS	Se(%)
GS DeGeNorm ₁	82	4	0	95
GS DeGeNorm ₂	68	18	0	79
GS DeGeNorm ₃	62	23	1	73
GS Mexican Hat	64	19	3	77
GS Morlet	59	25	2	70

Analisis statistik menggunakan area under curve(AUC) pada tiga bentuk gelombang singkat baru tersebut dapat dilihat pada gambar 4.4. Dari uji statistik menunjukkan bahwa Gelombang singkat DeGeNorm1 mempunyai Nilai AUC= 0.998 dengan Standart Error =0.00218



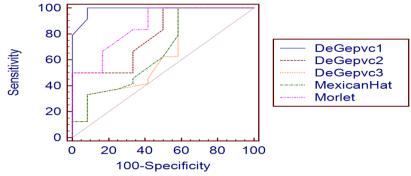
Gambar 4.4 Pengujian AUC untuk ECG Normal pada seluruh wavelet

Pengujian Gelombang singkat untuk mendeteksi kelainan PVC dilakukan pada gelombang singkat DeGePVC, Mexican Hat dan Morlet, dengan hasil seperti terlihat pada tabel 4.5 di bawah ini. Hasil pengujian nampak nilai sensitivitas DeGePVC₁ mempunyai nilai tertinggi

Tabel 4.5 Hasil Sensitivitas Pendeteksian Kelainan PVC dengan Seluruh GS

Deteksi PVC	PB	NS	PS	Se(%)
GS DeGePVC ₁	29	3	2	90,5
GS DeGePVC ₂	24	7	3	77
GS DeGePVC ₃	18	10	6	63
GS Mexican Hat	22	8	4	73
GS Morlet	25	6	3	81

Analisis statistik menggunakan area under curve (AUC) pada tiga bentuk gelombang singkat baru tersebut dapat dilihat pada gambar 4.5. Dari uji statistik menunjukkan bahwa Gelombang singkat DeGePVC₁ mempunyai Nilai tertinggi AUC= 0.988 dengan Standart Error= 0.0133.



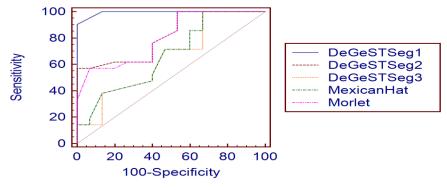
Gambar 4.5 Pengujian AUC untuk kelainan PVC pada seluruh wavelet

Pengujian Gelombang singkat untuk mendeteksi kelainan Segmen ST dilakukan pada gelombang singkat DeGeSTSeg,Mexican Hat dan Morlet, dengan hasil seperti terlihat pada tabel 4.6 di bawah ini

Tabel 4.6 Hasil Sensitivitas Kelainan ST Segmen dengan Seluruh GS

Deteksi Segmen ST	PB	NS	PS	Se(%)
GS DeGeSTSeg ₁	38	3	2	93
GS DeGeSTSeg ₂	29	9	5	76,8
GS DeGeSTSeg ₃	24	13	6	65
GS Mexican Hat	26	13	4	67,5
GS Morlet	30	10	3	75

Analisis statistik menggunakan area under curve(AUC) pada tiga bentuk gelombang singkat baru tersebut dapat dilihat pada gambar 4.6. Dari uji statistik menunjukkan bahwa Gelombang singkat DeGeSTSeg₁ mempunyai Nilai tertinggi AUC= 0.994 dengan Standart Error= 0.00615.



Gambar 4.6 Pengujian AUC untuk kelainan Segmen ST pada seluruh wavelet

BAB V

KESIMPULAN, SARAN DAN DAFTAR PUSTAKA

5.1 Kesimpulan

Dari disertasi ini dapat dihasilkan kesimpulan sebagai berikut

- 1. Tahap pengolahan awal dengan dengan menggunakan tapis *Band Pass* dengan frekuensi *cut off* 0.1 Hz sampai 40 Hz dapat digunakan untuk mendapatkan isyarat elektrokardiogram QRS kompleks, PVC dan Segmen ST.
- Metode koefisien korelasi antara isyarat elektrokardiogram QRS kompleks, PVC dan Segmen ST dengan isyarat gelombang singkat dapat digunakan untuk mengekstraksi ciri isyarat elektrokardiogram.
- Pembentukan gelombang singkat baru DeGeNorm, DeGePVC dan DeGeSTSeg dapat digunakan untuk klasifikasi isyarat elektrokardiogram QRS kompleks, PVC dan Segmen ST.
- 4. Seluruh analisis ketelitian model deteksi gelombang singkat menggunakan kurva Receiver Operating Characteristic (ROC) dengan melihat pada nilai area under curve (AUC) untuk mengenali nilai positif benar secara akurat. Nilai AUC DeGeNorm sebesar 0, 998, AUC DeGePVC sebesar 0,988 dan nilai AUC DeGeSTSeg sebesar 0.994
- Gelombang singkat baru dengan nama GS DeGeNorm dapat digunakan untuk mendeteksi komponen QRS kompleks elektrokardiogram pada sinyal jantung normal, dengan sensitivitas sebesar 95%.
- 6. Gelombang singkat baru dengan nama GS DeGePVC dapat digunakan untuk identifikasi khusus diagnosis PVC (*Premature Ventricular Contraction*), dengan sensitivitas sebesar 90,05%.
- 7. Gelombang singkat baru dengan nama GS DeGeSTSeg dapat digunakan untuk identifikasi khusus diagnosis Segmen ST, dengan sensitivitas sebesar 93%.

5.2 Saran

Berdasarkan pada pengalaman penulis saat melakukan penelitian ini, penulis ingin memberikan saran kepada peneliti lain yang tertarik melakukan penelitian pada deteksi gelombang singkat sebagai berikut:

- 1. Adanya beragam kelainan sinyal Elektrokardiogram yang masih dapat diteliti untuk dideteksi dengan desain gelombang singkat baru.
- Memperhatikan sifat-sifat data elektrokardiogram secara lebih teliti baik dari sudut, amplitudo ,fasa, lebar pulsa dan sifat-sifat khusus lainnya yang dimiliki agar deteksi dengan menggunakan deteksi glombang singkat menjadi lebih akurat.
- 3. Penggunaan perangkat komputer dengan kecepatan dan memori internal yang cukup tinggi akan menghasilkan proses pendeteksian dalam waktu singkat. Hal ini sesuai dengan tujuan deteksi kelainan elektrokardiogram dengan gelombang singkat agar didapat hasil secara cepat dan akurat.

5.3 Daftar Pustaka

- Abdelhamid, M., & Lativ, H. 2012. A Wavelet optimization approach for ECG signal classification, *IEEE Eng Med Biol*; 74: 3342-49.
- Addison, P., & Watson, J. 2003. Evaluating arrhythmias in ECG signals using wavelet transforms, *IEEE Eng Med Biol*; 19: 104-9.
- Addison, P., Watson, J., & Clegg, G. 2005. Finding coordinated atrial activity during ventricular fibrillation using wavelet decomposition, *IEEE Eng Med Bio*; 21: 58–65.
- Altmann, J. 1996. Surving The Wavelet wavelets community, *Monash University*, www.wavelet.org.
- Amara, G. 2005. Introduction to wavelet, IEEE Trans Comp Sc Eng; 2: 2.
- Anis, M. 2006. Waspada Ancaman penyakit tidak menular, Solusi Pencegahan dari Aspek Perilaku dan Lingkungan, *PT Elex Media Komputindo*.

- Bradie, C. 2001. Wavelet packet-based compression of single lead ECG, *IEEE Trans Biomed Eng*; 43: 493–501.
- Burrus, C., Gopinath., & Guo. 2004. Introduction to wavelet and wavelet transforms, *A PRIMER. Upper Saddle River NJ Prentice Hall*.
- Calderbank, R., & Daubechies, I. 1996. Wavelet transforms that map integers to integers, *IEEE Conference on Image Processing*.
- Carmona, R., Hwang, & Torresani. 1997. Characterization of signals by the ridges of their wavelet transform, *IEEE Trans Signal Process*; 45: 2586–90.
- Chen, S., 2002. A wavelet-based heart-rate variability analysis for the study of nonsustained ventricular tachycardia, *IEEE Trans Biomed Eng*; 49: 736-42.
- Darrington, J. 2009. Towards real time QRS detection: A fast method using minimal pre-processing, *Biomedical Signal Processing and Control*.
- Daubechies, I. 1999. Ten lectures on wavelet, regional conference series in applied mathematics.
- Daubechies, I. 2001. The wavelet Transform, Time-Frequency Localization and Signal Analysis, *IEEE Trans Inform Theory*; 22: 961-1005.
- Departemen Kesehatan RI. 2008. Indonesia Sehat 2010 visi baru, *misi kebijakan dan strategi pembangunan kesehatan*, *Jakarta*.
- Departemen Kesehatan RI. 2008, Rencana pembangunan kesehatan menuju Indonesia sehat 2010, *Jakarta*.
- Departemen Kesehatan RI. 2001, Survei Kesehatan Nasional: Laporan Studi Mortalitas 2001 Pola penyakit penyebab kematian di Indonesia, *Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, Jakarta*.
- Delprat, N., Escudie, B., & Guillemain, P. 1992. Asymptotic wavelet and Gabor analysis: extraction of instantaneous frequencies, *IEEE Trans Inf Theory*; 38: 644-64.

- Dinkes Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. 2006. Laporan kasus penyakit tidak menular berdasarkan Kabupaten/Kota Propinsi, Yogyakarta.
- Fischer, I., & Akay. 2003. Fractal analysis of heart rate variability Time Frequency and Wavelets in Biomedical Signal Processing, *IEEE Trans Inf Theory*; 7: 719-28.
- Gary, F., Thomas, & Manal, A. 2001. A Comparison of the noise sensitivity of nine QRS detection algorithms, *IEEE Trans Biomed Eng*; 37: 1-5.
- Goldberger, L., & Amaral, N. 2000. PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: Components of a New Research Resource for Complex Physiologic Signals. http://circ.ahajournals.org/cgi/content/full/101/23/e215.
- Gabriel, J. 2003. Fisika kedokteran, Buku Kedokteran EGC.
- Ismail, & Faruqui. 2004. Risk factors for non-fatal myocardial infarction in young south asian adults, Heart on Line.
- Korner, T. 2001. Fourier analysis, Cambridge University Press, Cambridge UK.
- Kohler, B., & Hennig, C. 2002. The principles of software QRS detection, *IEEE Eng Med Biol*; 21: 42-57.
- Lemire, D., & Pharand, C. 2000. Wavelet time entropy T wave morphology and myocardial ischemia, *IEEE Trans Biomed Eng*; 47: 967-70.
- Li Zheng, C., & Tai, C. 2000. Detection of EKG characteristic points using wavelet transform, *IEEE Trans Biomed Eng*; 42: 21-28.
- Lloyd, W., & Sandeep. N. 2003. Coronary artery diseases in young adulths, Journal of the American College of Cardiology Foundation.
- Maclachan, N. 2006. Size and location of Myocardial Ischemia using Measurements of ST- segment shift, *IEEE Trans Biomed Eng*; 53: 6.
- Mallat, S. 2002. A theory for multiresolution signal decomposition: the wavelet representation, *IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence*.

- Mallat, S. 2003. Zero crossing of a wavelet transform. IEEE Trans Inf Theory.
- Mallat, S. & Sifen, Z. 1999. Signal characterization from multiscale edges. *IEEE Trans Inf Theory*; 1: 891-96.
- Mallat, S, & Liang, H. 2001. Singularity detection and processing with wavelets, *IEEE Trans on Information Theory*; 38: 617-43.
- Mehmet, E. 2007. ECG beat classification using neuro-fuzzy network, *IEEE Trans Biomed Eng*; 25: 1715-72.
- Meste, O., & Casminal, P. 2004. Ventricular late potentials characterization in time–frequency domain by means of a wavelet transform, *IEEE Trans Biomed Eng*; 41: 625-34.
- Morris, F., & June, E. 2003. ABC of clinical electrocardiography, *Bmjbooks*, London.