**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI**

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**USULAN TUGAS AKHIR**

# IDENTITAS PENGUSUL

**NAMA : SHINTA PRAMESTI PUTRI SEIPATTISEUN**

**NRP : 5110100186**

**DOSEN WALI : Prof. Dr. Ir. Joko Lianto Buliali, M.Sc**

**DOSEN PEMBIMBING : 1. Ahmad Saikhu, S.SI., MT  
 2. Ir. Rully Soelaiman, M.Kom**

# JUDUL TUGAS AKHIR

“Analisis Parameter Menggunakan Metode *Reconstructed Phase Space* (RPS) pada Domain Frekuensi: Studi Kasus Ekstraksi Fitur Data *Sleep Apnea*”

# LATAR BELAKANG

*Electrocardiogram* (ECG) adalah kumpulan gelombang sinyal listrik yang merepresentasikan aktivitas jantung. Analisis terhadap sinyal ECG dilakukan untuk mengekstrak informasi penting yang dapat digunakan untuk mendeteksi berbagai penyakit, termasuk gangguan tidur. Analisis ECG dapat dilakukan secara langsung yang membutuhkan dana dan waktu cukup lama atau menggunakan proses komputasional.

*Power Spectral Density* (PSD) merupakan salah satu metode analisis linier sinyal ECG berdasarkan domain frekuensi. Pada metode ini, sinyal ECG ditransformasikan pada domain frekuensi lalu dihitung jumlah kerapatan spektrum sinyal ECG pada 3 frekuensi berbeda, yaitu: *Very Low Frequency* (VLF: 0.003-0.04 Hz), *Low Frequency* (LF: 0.04-0.15 Hz) dan *High Frequency* (HF: >0.15) [1]. Analisis berdasarkan domain frekuensi perlu dilakukan karena fluktuasi detak jantung / pola HRV (*Heart Rate Variability*) lebih sering muncul pada pasien yang mengalami *sleep apnea*. Analisis linier relatif lebih mudah dan lebih cepat dilakukan, tetapi tidak bisa digunakan untuk mengekstrak informasi yang bersifat dinamis dari sinyal ECG.

Sinyal ECG merupakan sinyal bersifat *quasi-periodic*, yaitu seakan-akan memiliki periode tertentu. Untuk mengekstrak informasi dinamis sinyal ECG dibutuhkan analisis non-linier berdasarkan *Reconstructed Phase Space* (RPS) ECG. Sinyal ECG yang berdimensi tunggal akan dipetakan/direkonstruksi pada ruang multi-dimensional menggunakan metode *time delay based embedding process*. Dari sinyal ECG yang telah direkonstruksi ini dapat diekstrak beberapa fitur non-linier. Analisis terhadap RPS ECG memungkinkan kita masuk kedalam sistem dan menganalisis variabel-variabel internal yang tidak dapat dianalisis secara linier.

Dalam tugas akhir ini, penulis mengusulkan gabungan antara analisis linier domain frekuensi dan analisis non-linier berdasarkan RPS ECG untuk mengekstrak fitur sinyal ECG karena analisis non-linier dapat mengatasi kekurangan analisis domain frekuensi yang bersifat linier. Dengan digunakannya gabungan dua metode analisis ini, diharapkan fitur-fitur yang dihasilkan dari proses ekstraksi dapat memberikan performa lebih baik untuk proses pendeteksian penyakit.

# RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah yang diangkat dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

* 1. Mempelajari dan memahami sinyal ECG dan konsep ekstraksi fitur sinyal ECG menggunakan domain frekuensi dan RPS (*Reconstructed Phase Space*).
  2. Melakukan analisis domain frekuensi dan analisis non-linier terhadap deret waktu berdasarkan RPS untuk perancangan ekstraksi fitur sinyal ECG.
  3. Mengimplementasikan konsep RPS dan domain frekuensi untuk mengekstraksi fitur sinyal ECG.
  4. Melakukan pengujian fitur sinyal ECG yang telah diekstrak menggunakan *dataset* *sleep apnea* yang didapat dari website physioNet [2].

# BATASAN MASALAH

Permasalahan yang dibahas di dalam tugas akhir ini memiliki beberapa batasan masalah, yaitu:

* 1. Tugas akhir ini diimplementasikan dengan menggunakan kakas bantu MATLAB.
  2. *Dataset* yang digunakan diambil dariwebsite physioNet untuk kategori Computer in Cardiology 2000 challange, terdiri dari 70 data sinyal ECG untuk pasien penderita *sleep apnea* dan pasien normal, dengan durasi rekaman sekitar 7 – 10 jam [2].
  3. Sistem hanya dapat digunakan untuk mengekstrak fitur sinyal ECG.

# TUJUAN PEMBUATAN TUGAS AKHIR

Tugas akhir ini dikerjakan dengan beberapa tujuan, yaitu:

* 1. Memahami konsep ekstraksi fitur sinyal ECG berdasarkan domain frekuensidanRPS ECG.
  2. Melakukan perancangan dan analisis domain frekuensi serta analisis non-linier RPS untuk ekstraksi fitur sinyal ECG.
  3. Mengimplementasikan konsep domain frekuensi dan RPS untuk mengekstrak fitur sinyal ECG.
  4. Mengetahui performa fitur yang dihasilkan dari proses ekstraksi menggunakan RPS dan domain frekuensi berdasarkan *dataset* *sleep apnea* yang akan dijelaskan lebih lanjut pada bagian tinjauan pustaka.

# MANFAAT TUGAS AKHIR

Pengerjaan tugas akhir ini dilakukan dengan harapan bisa memberikan kontribusi di dunia kedokteran dalam melakukan ekstraksi fitur sinyal ECG secara cepat dan akurat sehingga dapat segera dilakukan analisis lanjutan untuk deteksi penyakit.

# TINJAUAN PUSTAKA

Sinyal ECG merupakan *quasi-periodic signal*, atau jenis sinyal yang seakan-akan memiliki periode tertentu. Untuk mengekstrak informasi penting dari dinamika sinyal ECG dibutuhkan analisis non-linier terhadap deret waktu. Hal utama yang dilakukan pada analisis non-linier ini yaitu dengan merekonstruksi *phase space* dari sinyal ECG menggunakan *embedding process* [3]. Pada proses rekonstruksi ini, sinyal ECG yang berdimensi tunggal akan dipetakan pada sebuah ruang multi-dimensional menggunakan *time delay-based mapping*. Beberapa teori menyatakan bahwa bila dimensi pada RPS lebih dari 2x dimensi awal sistem (*d* > *d0*), sinyal ECG yang telah direkonstruksi pada ruang multi-dimensional (RPS ECG) tersebut memiliki topologi yang sama dengan dinamika sinyal ECG aslinya. Titik-titik hasil rekonstruksi yang dihasilkan dari *embedding process* dinyatakan dengan Persamaan 1:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |

Dimana *S(n)* menyatakan sampel sinyal ECG, *τd*menyatakan nilai *time lag* dan *d* menyatakan dimensi RPS / *embedding dimension. time lag* dihitung menggunakan *mutual information* sedangkan e*mbedding dimension* dihitung menggunakan perhitungan *false neighbors*, yaitu titik-titik yang memiliki jarak yang jauh tetapi setelah diproyeksikan pada RPS jaraknya menjadi dekat sehingga seolah-olah titik tersebut adalah tetangga. Jumah dimensi RPS dipilih dari nilai *false neigbors* terkecil [4]. Dari hasil pemetaan tersebut dapat dihitung beberapa variabel internal penting yang dapat dianalisis, yaitu: *Detrended Fluctiative Analysis* (DFA), *Correlation Dimension* (CD), *Lyapunov Exponent* (LE) dan *Spectral Entropy* (SE) [5].

*Detrended Fluctiative Analysis* (DFA) digunakan untuk menghitung *fractal scaling properties* (hubungan antar data) dari RR-Interval sinyal ECG. Metode ini merupakan modifikasi dari analisis *root-mean-square* (RMS) yang diterapkan pada sinyal non-statis. Fluktuasi RMS pada *integrated time series* dan *detrended time series* diukur menggunakan jendela / *window* yang berbeda, kemudian digambarkan pada jendela observasi (*observation window*)dengan perbesaran log-log [6].

Dalam teori chaos, dimensi korelasi / *Correlation Dimension* (CD) adalah ukuran dimensi dari ruang yang ditempati oleh satu set titik-titik acak, sering disebut sebagai dimensi fraktal[5].

*Lyapunov Exponent* (LE) dari sebuah sistem dapat didefinisikan sebagai nilai kecepatan persebaran dua lintasan/jalan yang berdekatan pada *phase space*. Nilai yang diambil adalah nilai terbesar, karena kecepatan persebaran sangat bergantung pada kondisi awal. LE terbesar (*Largest Lyapunov Exponent*) dapat diestimasi dari rata-rata kecepatan persebaran dari tetangga terdekat. *Lyapunov Exponent* dihitung sejumlah dimensi yang digunakan pada RPS. Setelah ditemukan beberapa nilai, uji FDA (*Fisher Discriminant Analysis*) dilakukan untuk mereduksi dimensi dan mendapatkan beberapa nilai LLE akhir berdasarkan nilai F-ratio terbesar.

*Spectral Entropy* (SE) digunakan untuk mengukur kompleksitas spektral dari deret waktu. Aplikasi dari *Shannon’s channel entropy* bisa mengestimasi SE dari sebuah proses dengan Persamaan 2:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2) |

Dimana *Pk*adalah nilai PDF(*Probability Density Function*) pada frekuensi ke *k*. *Spectral Entropy* E( 0 < E < 1 ) [5].

Selain melakukan analisis non-linier RPS*,* proses ekstraksi fitur juga dilakukan dengan analisis linier domain frekuensi, yaitu dengan menggunakan metode *Power Spectral Density* (PSD). Mula-mula sinyal ECG ditransformasikan ke dalam domain frekuensi kemudian *Spectral Density* dari fluktuasi detak jantung (*Heart Rate Variability*) dihitung pada 3 frekuensi berbeda, yaitu:

1. *Very Low Frequency* (VLF) 0.003 Hz - 0.04 Hz
2. *Low Frequency* (LF) 0.04 Hz - 0.15 Hz
3. *High Frequency* (HF) diatas 0.15 Hz

Ketiga fitur ini dinormalisasi berdasarkan amplitudonya sehingga menjadi NVLF, NLF dan NHF, kemudian dijadikan sebagai fitur spektral.

*Dataset* yang digunakan pada proses pengujian tersedia secara online di physionet.org untuk kategori Computers in Cardiology 2000 challange. *Dataset* ini terdiri atas 70 data rekaman sinyal ECG yang terbagi menjadi 35 data latih dan 35 data uji dengan durasi masing-masing sekitar 7-10 jam. Ada 3 file untuk tiap data, yaitu file sinyal ECG (.dat) berisi rekaman sinyal ECG (dalam mV) untuk setiap detik, file header berisi informasi administratif data (gender, usia, berat badan, dsb), dan file anotator (.apn). Data sinyal direkam pada frekuensi 100Hz dengan resolusi 12 bit, dimana yang menjadi subjek adalah perempuan dan laki-laki dengan usia 27-63 tahun, berat badan 53–135 kg dan angka AHI (*Apnea-Hypopnea Index*) antara 0–93.5. Pada 35 data latih yang tersedia, 20 data merupakan data pasien positif menderita *sleep apnea,* 5 data merupakan data pasien yang memiliki gejala *apnea*, dan 10 data sisanya merupakan data pasien normal.

# RINGKASAN ISI TUGAS AKHIR

Pada tugas akhir ini penulis mengusulkan gabungan analisis domain frekuensi dengan analisis RPS ECG untuk mengekstraksi fitur sinyal ECG. Analisis terhadap domain frekuensi secara linier saja tidak cukup untuk mengekstrak informasi penting dari sinyal ECG yang bersifat dinamis, sehingga diharapkan dengan menggunakan gabungan analisis domain frekuensi dengan RPS, fitur-fitur yang terekstrak memiliki performa lebih baik dalam membedakan pasien normal dengan yang menderita *sleep apnea* berdasarkan *dataset* *apnea-ecg* yang telah tersedia. Gambar 1 menjelaskan alur sistem secara keseluruhan.

Ekstraksi fitur non-linier

Mulai

Input sinyal ECG

Rekonstruksi *phase space* menggunakan *embedding process* berdasarkan *time delay mapping*

Transformasi sinyal ke dalam domain frekuensi

Menghitung *time lag* dan *embedding dimension*

Normalisasi VLF, LF, dan HF

Menghitung PSD untuk 3 frekuensi:

*very low frequency (*VLF)

*low frequency* (LF)

*high frequency* (HF)

Pengujian performa fitur menggunakan ANOVA dan DFA berdasarkan *dataset* *apnea-ecg* pada website physionet.org

Fitur terekstraksi

Selesai

**Gambar 1.** Diagram alir sistem secara keseluruhan

Pada proses ekstraksi menggunakan domain frekuensi, sinyal ECG di-transformasikan pada domain frekuensi kemudian dihitung *power spectral density* nya pada 3 frekuensi berbeda (VLF, LF, dan HF). Kemudian dilakukan normalisasi tsehingga terbentuk NVLF, NLF dan NHF.

Pada proses ekstraksi menggunakan analisis non-linier RPS ECG, sinyal ECG yang berdimensi tunggal akan dipetakan / direkonstruksi pada ruang multi-dimensional menggunakan *embbeding process* berdasarkan *time delay-based mapping*. Pada proses rekonstruksi ini dibutuhkan nilai *time lag* dan dimensi RPS. Dimensi RPS atau yang biasa disebut *embedding dimension* dihitung menggunakan *minimum false neigbors* sedangkan nilai optimum *time lag* diestimasi menggunakan *mutual information.* Setelah proses rekonstruksi selesai, dilakukan analisis variabel-variabel internal pada RPS ECG untuk mengekstrak fitur non-linier.

Setelah semua fitur diekstrak, pengujian dilakukan untuk mengukur kemampuan masing-masing fitur dalam membedakan data kelompok *sleep apnea* dan kelompok normal menggunakan *dataset* *apnea-ecg* dengan cara menghitung nilai rata-rata (*mean*) dan standar deviasi (std) untuk setiap fitur menggunakan uji ANOVA (*Analysis Of Variance*). Uji FDA (*Fisher Discriminant Analysis*) juga dilakukan untuk mereduksi fitur yang tidak berperan signifikan dalam membedakan *apnea* dan normal.

# METODOLOGI

## Penyusunan proposal tugas akhir

Tahap awal yang dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah penyusunan proposal tugas akhir. Di dalam proposal diajukan suatu gagasan pembuatan perangkat lunak untuk ekstraksi fitur sinyal ECG berdasarkan analisis domain frekuensi dan analisis non-linier berdasarkan *reconstructed phase space* ECG.

## Studi literatur

Pada tahap ini dilakukan pencarian, pengumpulan, dan pembelajaran literatur yang berhubungan dengan sinyal ECG, analisis domain frekuensi berdasarkan *Heart Rate Variability* (HRV), analisis non-linier terhadap deret waktu berdasarkan RPS ECG, konsep DFA (*Detrended Fluctuation Analysis*), CD (*Correlation Dimension*), LE (*Lyapunov Exponent*), SE (*Spectral Entropy*) dan juga metode ANOVA dan FDA (*Fisher Discriminant Analysis*) yang digunakan untuk pengujian fitur.

## Implementasi perangkat lunak

Tahap ini merupakan tahap pembangunan perangkat lunak sesuai dengan rancangan perangkat lunak yang dibuat.

## Pengujian dan evaluasi

Pada tahap ini dilakukan uji coba terhadap perangkat lunak yang telah selesai dibuat, mengamati kinerja sistem, serta mengidentifikasi kendala yang mungkin timbul.

## Penyusunan Buku Tugas Akhir

Pada tahap ini dilakukan penyusunan laporan yang menjelaskan dasar teori dan metode yang digunakan serta hasil dari implementasi aplikasi perangkat lunak yang telah dibuat. Sistematika penulisan buku tugas akhir secara garis besar antara lain:

1. Pendahuluan
   1. Latar Belakang
   2. Rumusan Masalah
   3. Batasan Tugas Akhir
   4. Tujuan
   5. Metodologi
   6. Sistematika Penulisan
2. Tinjauan Pustaka
3. Desain dan Implementasi
4. Pengujian dan Evaluasi
5. Kesimpulan dan Saran
6. Daftar Pustaka

# JADWAL KEGIATAN

Jadwal kegiatan pengerjaan TA yang diusulkan terlampir pada Tabel 1 berikut.

**Tabel 1.** Jadwal Kegiatan Pengerjaan Tugas Akhir

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Tahapan | 2014 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Februari | | | | Maret | | | | April | | | | Mei | | | | | Juni | | | |
| Penyusunan Proposal |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Studi Literatur |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Implementasi |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Pengujian dan evaluasi |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Penyusunan buku |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

# DAFTAR PUSTAKA

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | V.Vapinik, “Statistical Learning Theory,” *Wiley, New York,* 1998. |
| [2] | “physioNet,” [Online]. Available: http://physionet.org/physiobank/database/apnea-ecg/. |
| [3] | T.Sauer, J.A. Yorke, M. Casdagli, “Embedology,” *Journal of Statistical Physic,* vol. 65, pp. 579-616, 1991. |
| [4] | Matthew B. Kennel, Reggie Brown, Henry D. I. Abarbanel, “Determining embedding dimension for phase-space reconstruction using a geometrical construction,” *Physical Review A,* vol. 45, no. 6, 15 March 1992. |
| [5] | A. Jafari, “Sleep apnoea detection from ECG using features extracted from reconstructed phase space and frequency domain,” *Biomedical Signal Processing and Control,* vol. 8, pp. 551-558, 2013. |
| [6] | Jasjit Suri, J.A.E Spaan, Shankar M. Krishnan, “Heart Rate Variability,” dalam *Advances in Cardiac Signal Processing*, 2007, pp. 142-146. |