

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Electroencephalograph adalah suatu alat yang dapat membantu manusia mengamati dan menganalisis hasil dari gelombang elektrik yang dihasilkan oleh neuron-neuron dalam otak. Hasil dari pembacaan alat tersebut, yaitu *Electroencephalogram* (EEG), selain dapat membantu diagnosa dokter untuk terapi medis, juga dikembangkan untuk aplikasi *Brain-Computer Interfacing* (BCI). BCI adalah sebuah metode yang memungkinkan manusia untuk dapat mengontrol sebuah sistem eksternal tanpa kontak langsung dengan sistem ^[25]. Sistem eksternal dapat dikontrol hanya dengan perintah dari otak manusia yang menggunakan alat berbasis BCI. BCI memanfaatkan gelombang tertentu yang dihasilkan oleh otak, seperti ritme dengan frekuensi yang berbeda.

Dengan adanya BCI, produk motor-prostesis seperti lengan dan kaki buatan dapat dibuat dengan metode non-invasif ^[26]. Produk motor-prostesis yang umum digunakan di kalangan medis sampai saat ini masih menggunakan metode invasif atau menyambungkan organ buatan dengan jalur operasi secara langsung. Metode invasif memiliki banyak kekurangan, seperti risiko kesalahan pada saat operasi yang termasuk rumit, pemulihan pasca-operasi yang memakan waktu, dan juga biaya operasi yang termasuk mahal. Maka dari itu motor-prostesis berbasis BCI sangat diperlukan untuk membantu pada penderita cacat fisik mengontrol lingkungan sekitarnya tanpa perlu melalui jalur operasi yang berisiko. Namun permasalahan yang muncul dalam pengembangan BCI adalah bagaimana cara untuk menerjemahkan sinyal yang dihasilkan neuron otak menjadi sebuah instruksi fisik yang diinginkan. Sistem BCI juga harus menerjemahkan sinyal tersebut menjadi sebuah instruksi dalam waktu yang efisien dan akurasi yang tinggi. Selain itu, sinyal hasil bacaan EEG adalah sebuah sinyal yang memiliki dimensi tinggi dan bercampur *noise* yang cukup banyak sehingga pemrosesannya membutuhkan algoritma tertentu yang sesuai.

Pada penelitian sebelumnya ^[4, 15] telah dibahas mengenai penggunaan transformasi *fourier* dan *wavelet* untuk mendeteksi fitur-fitur pada sinyal EEG. Selain tidak cocok untuk sinyal non-stasioner seperti sinyal EEG, penggunaan transformasi *fourier* memiliki kelemahan lain yaitu tidak dapat menganalisis informasi dalam domain waktu. Untuk mengatasinya, transformasi *wavelet* banyak digunakan untuk mengolah sinyal EEG karena

sifatnya yang merepresentasikan informasi dalam domain waktu dan frekuensi ^[17]. Di sisi lain, penggunaan metode klasifikasi pada penelitian sebelumnya ^[5] yang menggunakan filter Kalman memiliki keunggulan dalam hal kecepatan komputasi. Jaringan saraf tiruan atau *Artificial Neural Network* juga dinilai memiliki kinerja yang lebih baik untuk permasalahan non-linear seperti EEG ^[27]. Pada penelitian lain ^[23] telah dilakukan penelitian untuk membandingkan kinerja metode klasifikasi yang lebih sederhana dibandingkan ANN untuk BCI seperti *Linear Discriminant Analysis* (LDA), *Support Vector Machine* (SVM), dan *Logistic Regression*. Dari penelitian tersebut, LDA telah teruji mampu membedakan sinyal EEG 2 kelas lebih baik dibanding SVM dan *Logistic Regression*, dengan waktu yang sangat cepat dan komputasi yang sederhana.

Pada penelitian ini, penulis telah membuat sebuah sistem untuk membantu pengembangan sistem BCI yang difokuskan untuk realisasi motor-prostesis berupa lengan buatan. Sampel dalam percobaan yang telah dipasangkan elektroda-elektroda EEG akan diminta untuk membayangkan gerakan tangan (*Mental Task* atau *Imagined Hand Movement*) tertentu yang kemudian akan direkam berdasarkan arah gerakan dan sisi tangan yang digunakan. Jumlah elektroda yang akan digunakan sejumlah 3 buah (termasuk elektroda *Central*) dengan sistem peletakan elektroda 10/20. Hasil rekaman EEG asli akan dilewatkan dalam *Low-Pass Filter*, *High-Pass Filter*, dan *Notch Filter* untuk meningkatkan *Signal-to-Noise Ratio* (SNR). Setelah itu sinyal tersebut yang akan diekstrak ciri-cirinya menggunakan metode *Wavelet Packet Decomposition* (WPD) dengan 3 level dekomposisi. WPD dipilih karena akan meningkatkan resolusi frekuensi daripada *wavelet* standar ^[2, 23, 27]. Setelah vektor ciri dibentuk, klasifikasi akan dilakukan dengan LDA karena dinilai mampu memberikan nilai akurasi yang baik namun tetap mempertahankan kesederhanaan komputasi dan waktu yang singkat.

Hasil yang akan diperoleh dari sistem tersebut diharapkan dapat membantu realisasi lengan buatan yang bersifat non-invasif dengan hasil bacaan EEG sehingga dapat membantu para penderita cacat fisik untuk dapat hidup normal seperti yang lain.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah disampaikan sebelumnya, maka dapat dijabarkan beberapa rumusan masalah yang dibahas pada Tugas Akhir ini, diantaranya:

1. Bagaimana cara membuat sistem yang dapat mengidentifikasi sebuah *imaginary hand movement* menjadi gerakan tangan yang sesuai?

2. Bagaimana cara mengambil ciri spesifik dari sinyal EEG hasil berbagai gerakan tersebut?
3. Bagaimana cara mengklasifikasi hasil dari ciri yang didapatkan ke dalam gerakan tangan yang sesuai?
4. Apa pengaruh *feedback* sistem dan kecepatan update *sliding window* terhadap akurasi keseluruhan dari sistem?
5. Bagaimana cara mengukur performansi dari sistem dekoding sinyal EEG untuk identifikasi gerakan tangan tersebut?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai melalui penelitian yang dilakukan pada Tugas Akhir ini antara lain:

1. Mengimplementasikan sistem dekoding sinyal EEG berbasis *wavelet packet decomposition*.
2. Dapat mengambil ciri spesifik dari sinyal EEG hasil dari berbagai gerakan tangan imajiner.
3. Dapat mengklasifikasi hasil dari ciri yang didapatkan ke dalam gerakan tangan yang sesuai.
4. Dapat menganalisis pengaruh *feedback* sistem dan kecepatan update *sliding window* terhadap akurasi keseluruhan dari sistem.
5. Mengukur performansi dari sistem yang diimplementasikan dengan parameter performansi berupa akurasi, nilai kappa, rataan *misclassification rate* minimum pada *10 times 10-fold cross validation*, *mutual information*, SNR, dan waktu komputasi. Pengujian sistem dilakukan menggunakan *additive white gaussian noise* dan *impulse noise*.

1.4 Batasan Masalah

Beberapa hal yang dijadikan batasan masalah pada penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Format penyimpanan *file* hasil rekaman EEG adalah *General Data Format* (*.gdf) dan dikonversi dengan bantuan *BioSig Toolbox* ke bentuk matriks *matlab* (*.mat).

2. Data hasil rekaman diperoleh dari *Graz data set B: Institute for Human-Computer Interfaces, Graz University of Technology, Austria* yang digunakan dalam penelitian ^[10] dan *BCI Competition 2008*.
3. Gerakan imajiner yang dilakukan adalah hanya gerakan tangan (*Imagined hand movement*).
4. *Low-pass filter* yang digunakan untuk *pre-processing* adalah *butterworth IIR* dengan orde 10.
5. Metode untuk ekstraksi ciri menggunakan *Wavelet Packet Decomposition* (WPD) dengan 3 level pada kanal C3 dan C4.
6. Informasi yang diambil dari WPD berupa energi sinyal pada setiap sub-band.
7. Metode klasifikasi menggunakan *Linear Discriminant Analysis* (LDA)
8. Sistem dibuat dengan basis *offline* atau *non-realtime*, namun mencoba mensimulasikan keadaan *online* dengan metode *sliding window* sebesar 2 detik.
9. Penelitian tidak membahas adanya *error* saat klasifikasi akibat adanya data di luar kelas yang ditentukan.
10. Penelitian tidak membahas pengaplikasian hasil penelitian ke dalam sistem BCI maupun sistem motor-prostesis.

1.5 Metode Penelitian

Beberapa langkah penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan hasil yang diharapkan sesuai dengan Tugas Akhir ini adalah:

1. Studi Literatur
Mempelajari konsep dasar dan teori-teori yang akan digunakan untuk membuat sistem dekoding sinyal EEG untuk identifikasi gerakan tangan berbasis *wavelet packet decomposition*.
2. Simulasi
Simulasi menggunakan aplikasi Matlab R2009a untuk mendeteksi perintah gerakan yang berasal dari *file* matriks *EEG* kemudian mengklasifikan ciri tersebut ke dalam kelompok gerakan tangan yang sesuai.
3. Pengujian sistem
Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan bantuan *additive white gaussian noise* dan *impulse noise* untuk menguji sensitivitas sistem terhadap kemungkinan *noise* yang muncul.

4. Analisis

Analisis dilakukan setelah mendapatkan hasil klasifikasi sinyal EEG, kemudian dilakukan analisis pada hasil yang didapatkan dari proses dan kinerja sistem dengan berbagai parameter performansi.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara umum keseluruhan Tugas Akhir ini dibagi menjadi lima bab bahasan. Penjelasannya adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II DASAR TEORI

Bab ini membahas teori mengenai sinyal EEG, *Brain-Computer Interface*, *Wavelet Packet Decomposition* (WPD), dan *Linear Discriminant Analysis* (LDA)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas proses perancangan sistem. Parameter evaluasi akan dijelaskan pada bab ini.

BAB IV HASIL DAN ANALISIS

Bab ini berisi hasil dari penelitian proses deteksi arah gerakan tangan dengan metode WPD dan LDA untuk sistem dekoding gerakan tangan dengan enam skenario yang berbeda.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi simpulan dari hasil Tugas Akhir dan saran untuk pengembangan lebih lanjut.