ANALISIS PARAMETER *EYE BLINK* PADA *ELECTROOCULOGRAPHY* (EOG)

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu persyaratan
mencapai derajat Sarjana S1

Disusun oleh:
Alyandi Ramadhan
16524014

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta
2020

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PARAMETER *EYE BLINK* PADA *ELECTROOCULOGRAPHY* (EOG)

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Disusun oleh:

Alyandi Ramadhan
16524014

Yogyakarta, 26 November 2020

Menyetujui,

Pembimbing 1	Pembimbing 2
Sisdarmanto Adinandra, S.T., M.Sc., Ph.D	**Alvin Sahroni, S.T., M.Eng., Ph.D**
025240101	**095240402**

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

ANALISIS PARAMETER *EYE BLINK* PADA *ELECTROOCULOGRAPHY* (EOG)

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Alyandi Ramadhan

16524014

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Pada tanggal: 11 Desember 2020

Susunan dewan penguji

Ketua Penguji : Sisdarmanto Adinandra, S.T., M.Sc.,Ph.D, _____

Anggota Penguji 1: Yusuf Aziz Amrulloh, S.T., M.Eng., Ph.D, _____

Anggota Penguji 2: Almira Budiyanto, S.Si., M.Eng, _____

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan

untuk memperoleh gelar Sarjana

Tanggal: 11 Desember 2020

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Yusuf Aziz Amrulloh, S.T., M.Eng., Ph.D

045240101

PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan Saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Skripsi terkait paten maka akan diskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.

Yogyakarta, 27 Agustus 2020



Alyandi Ramadhan

KATA PENGANTAR

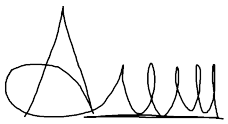
Puji syukur penulis panjatkan atas kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan judul : Analisis Parameter *Eye Blink* pada *Electrooculography* (EOG). Sholawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita, Nabi Muhammad SAW. Tugas akhir ini wajib ditempuh sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan dan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T) pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Kelancaran dan keberhasilan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini tentunya tidak lepas dari dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih dan penghargaan yang sebesar – besarnya kepada :

1. Bapak Yusuf Aziz Amrulloh, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Indonesia.
2. Bapak Sisdarmanto Adinandra, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing pertama, yang telah banyak membimbing, memberikan bantuan baik fikiran maupun tenaga sehingga dapat terselesaikannya skripsi ini.
3. Bapak Alvin Sahroni, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing kedua, yang juga telah banyak memberikan bimbingan, masukan serta arahan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
4. Segenap Staff dan Dosen Universitas Islam Indonesia, khususnya Program Studi Teknik Elektro yang telah membantu selama proses pendidikan serta memberikan ilmu selama penulis menjalani pendidikan di Program Studi Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.
5. Seluruh keluarga penulis, khususnya Bapak dan Ibu, serta kakak dan adik, yang tak kenal lelah mendoakan, memberikan dukungan moril maupun materil serta selalu memberikan motivasi kepada penulis pada saat penulis menjalani pendidikan hingga menyelesaikan skripsi ini.
6. Kepada Nadya Della Fitri yang senantiasa menemani, mendoakan, memberikan dukungan, motivasi, dan dorongan kepada penulis dari awal hingga terselesaikannya skripsi ini.
7. Rekan – rekan mahasiswa Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia angkatan 2016 yang telah berjuang dan membantu penulis selama proses perkuliahan hingga penyelesaian skripsi.

8. Semua pihak yang juga membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung selama perkuliahan hingga penulis berhasil menyelesaikan skripsi ini.

Besar harapan, semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca pada umumnya.

Yogyakarta, 27 Agustus 2020



Alyandi Ramadhan

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

EOG : *Electrooculography*

ADC : *Analog to Digital Converter*

EMG : *Electromyography*

ITR : *Information Transfer Rate*

HMI : *Human Machine Interface*

ABSTRAK

Terkait dengan adanya peningkatan jumlah penyandang disabilitas, kini banyak dikembangan alat bantu gerak seperti kursi roda elektrik dan *assistive arm robot* yang memanfaatkan *bio-signal*. Ada banyak *bio-signal* yang dapat dihasilkan dari tubuh manusia, namun yang akan digunakan pada penelitian ini adalah *bio-signal* dari mata atau biasa disebut *Electrooculograpyh* (EOG). Pada sinyal EOG sendiri terdapat beberapa parameter yang dapat digunakan, salah satunya adalah *eye blink*. Penelitian yang memanfaatkan parameter *eye blink* telah banyak dikembangkan, namun penggunaan paramater *eye blink* dengan 4 macam gerakan secara cepat masih perlu dilakukan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui fitur pada *eye blink signal* yang dapat dijadikan sebagai kontrol empat gerakan (maju, kanan, mundur, kiri) serta mengetahui tingkat akurasinya. Dengan dilakukan pengambilan data sebanyak 4 kali dengan posisi subjek duduk tegap dan melihat pada satu titik fokus, penulis melakukan ekstraksi fitur jumlah *eye blink* dengan metode segmentasi dan deteksi *peak*. Dari proses tersebut didapatkan nilai akurasi indikator gerak maju sebesar 81,43%, gerak kanan sebesar 90,36%, gerak mundur sebesar 89,29% dan gerak kiri sebesar 79,29%. Dilihat dari hasil akurasi tersebut, pengklasifikasian parameter *eye blink* untuk indikator gerak maju, kanan, mundur dan kiri dapat dilakukan dengan menggunakan fitur jumlah *eye blink* dengan indikator tiap-tiap gerakan secara berurutan adalah satu kali *blink*, dua kali *blink*, tiga kali *blink* dan empat kali *blink*.

Keywords : Disabilitas; *Electrooculography* (EOG); *Eye Blink*; Alat Bantu Gerak; Segmentasi

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN i
LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN iii
KATA PENGANTAR iv
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN vi
ABSTRAK vii
DAFTAR ISI viii
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR TABEL xi
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang Masalah 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan Penelitian 2
1.5 Manfaat Penelitian 2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 3
2.1 Studi Literatur 3
2.2 Tinjauan Teori 4
2.2.1 Mata dan Potensial Listrik 4
2.2.2 *Electrooculography* (EOG) 4
2.2.3 Sinyal *Eye Blink* dan Cara Deteksi 4
2.2.4 EKG/EMG Shield dan Arduino 5
BAB 3 METODOLOGI 7
3.1 Diagram Blok Penelitian 7
3.2 Subjek Penelitian 7

3.3 Desain Eksperimen 8
3.4 Alat Rekam Data 9
3.5 Pre-Processing Signal 10
3.6 Ekstraksi Fitur 11
3.7 Metode Analisis 13
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 14
4.1 Hasil Penelitian 14
4.1.1 Karakteristik Sinyal *Blink* Sebelum dan Setelah *Pre-Processing* 14
4.1.2 Deteksi *Eye Blink* dan Karakteristik Fitur Membedakan Empat Gerakan 15
4.1.3 Data *Voluntary* dan *Involuntary* 16
4.1.4 Akurasi 20
4.2 Pembahasan 20
4.2.1 Sinyal *Eye Blink* dan Filter 20
4.2.2 Deteksi *Blink* dan Fitur Membedakan Empat Gerakan 21
4.2.3 *Voluntary*, *Involuntary* dan Akurasi 21
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 23
5.1 Kesimpulan 23
5.2 Saran 23
DAFTAR PUSTAKA 24
LAMPIRAN 1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Dipol mata [2]. 4
Gambar 2.2 Ilustrasi *eye blink* [8]. 5
Gambar 2.3 *Eye blink signal* [7]. 5
Gambar 2.4 EKG/EMG Shield [9]. 5
Gambar 2.5 Arduino Uno [10]. 6
Gambar 3.1 Diagram blok sistem. 7
Gambar 3.2 Desain eksperimen. 8
Gambar 3.3 *Hardware* EOG. 9
Gambar 3.4 Diagram blok alat EOG. 9
Gambar 3.5 Letak pemasangan elektroda. 9
Gambar 3.6 Respon *lowpass filter* 30 Hz. 10
Gambar 3.7 Contoh deteksi *peak* dan hasil segmentasi data. 11
Gambar 3.8 *Flowchart* pemrosesan sinyal. 12
Gambar 4.1 *Raw data*. 14
Gambar 4.2 Hasil *pre-processing*. 15
Gambar 4.3 Hasil deteksi *eye blink*. 15
Gambar 4.4 Fitur membedakan tiap gerakan. 16
Gambar 4.5 *Raw data* sebelum tersegmentasi. 17
Gambar 4.6 Contoh hasil segmentasi sinyal EOG data *voluntary*; angka 1 – 20 menunjukkan hasil segmen. 17
Gambar 4.7 *Raw data* sebelum tersegmentasi. 18
Gambar 4.8 Contoh hasil segmentasi sinyal EOG data *involuntary*; angka 1 – 20 menunjukkan hasil segmen. 18

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil pengujian algoritma pada data *voluntary*.....19
Tabel 4.2 Hasil pengujian algoritma pada data *involuntary*.....19
Tabel 4.3 Akurasi data *voluntary*. 20
Tabel 4.4 Akurasi data *involuntary*. 20

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Beberapa tahun terakhir angka penyandang disabilitas di Indonesia semakin meningkat. Berdasarkan Susenas pada 2015, diketahui bahwa 8,56% penduduk Indonesia berusia < 10 tahun merupakan penyandang disabilitas. Bahkan, jumlah tersebut mengalami peningkatan pada usia dewasa dengan angka 22% [1]. Peningkatan tersebut diakibatkan oleh beberapa faktor seperti kelainan bawaan sejak lahir, penyakit dan kecelakaan. Hal ini menyebabkan penurunan taraf kualitas hidup dan tingkat kemandirian para penyandang disabilitas. Sebagian besar penyandang disabilitas mengalami kesulitan untuk melakukan kegiatan. Hal tersebut menimbulkan persepsi pada masyarakat bawah penyandang disabilitas tidak mampu menjalankan tugas dan tanggung jawabnya sehingga hak-hak mereka pun sering diabaikan.

Demi meningkatkan taraf kualitas hidup penyandang disabilitas, kini banyak dikembangkan alat bantu gerak seperti kursi roda elektrik dan *assistive arm robot* sebagai pendukung dalam meningkatkan kemandirian dan produktivitas penyandang disabilitas seperti yang akan penulis lakukan pada penelitian ini. Alat bantu yang dapat dikendalikan dengan *bio-signal* merupakan salah satu alternatif untuk membantu aktivitas penyandang disabilitas motorik. *Bio-signal* merupakan sinyal yang dihasilkan oleh aktivitas tubuh. *Bio-signal* inilah yang akan diproses, kemudian dijadikan sebagai masukan untuk alat bantu gerak [2].

Ada beberapa aktivitas tubuh yang dapat digunakan oleh penyandang disabilitas terutama pada penyandang disabilitas motorik pusat [3]. Salah satu aktivitas tubuh tersebut adalah gerakan mata. Dari aktivitas pergerakan mata seperti *blink* dapat menghasilkan sinyal yang akan ditangkap oleh *electrooculography* (EOG) agar dapat diproses oleh pengendali kemudian dijadikan sebagai penggerak dari suatu alat bantu gerak bagi penyandang disabilitas motorik. Dengan begitu orang dengan penyandang disabilitas motorik pusat dapat melakukan aktivitas secara mandiri.

Penelitian ini dilakukan untuk mengklasifikasikan parameter *eye blink* dengan menggunakan metode segmentasi kemudian melakukan pendeteksian fitur jumlah *eye blink* yang telah ditetapkan. Penambahan *threshold* akan membantu menghindari kesalahan dalam pendeteksian tersebut. Pada penelitian ini digunakan sinyal dari hasil jumlah *eye blink* yaitu satu, dua, tiga dan empat untuk dijadikan sebagai indikator gerak maju, kanan, mundur serta kiri.

Penelitian mengenai EOG khususnya dengan menggunakan parameter *blink* telah banyak dilakukan. Seperti penelitian Choudhari dkk [4], yang mengembangkan teknologi *Human*

Machine Interface (HMI) untuk mengendalikan gerak kursi roda maju, stop, kiri dan kanan dengan menggunakan 1 kali, 2 kali dan 3 kali *voluntary eye blink*. Sehingga penelitian menggunakan fitur jumlah *eye blink* hingga 4 *eye blink* ini dilakukan untuk mengetahui apakah dengan penambahan jumlah *eye blink* tersebut masih efektif atau tidak saat digunakan untuk mengendalikan suatu alat bantu gerak.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas rumusan masalah yang ditetapkan dalam penelitian ini adalah, sebagai berikut :

1. Bagaimana mengklasifikasikan parameter *eye blink* sebagai sebuah indikator gerak maju, kanan, mundur dan kiri?
2. Bagaimana akurasi dari pembacaan *eye blink* pada klasifikasi yang telah dibuat?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil perekaman data hanya sebagai indikator gerak maju, kanan, mundur dan kiri.
2. Subjek tidak memiliki gangguan/cacat mata yang mempengaruhi gerakan mata.
3. Proses klasifikasi dilakukan dengan bantuan *software* matlab.

1.4 Tujuan Penelitian

Setelah penelitian ini selesai, penulis dapat mengetahui fitur yang dapat digunakan untuk mengklasifikasikan parameter *eye blink*, kemudian membuat sistem pengklasifikasiannya, serta mengetahui hasil akurasi dari sistem klasifikasi yang telah dibuat.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah menjadi acuan dalam desain awal pengembangan teknologi alat bantu gerak bagi penyandang disabilitas dengan *input bio-signal* EOG khususnya *eye blink* sehingga penyandang disabilitas khususnya disabilitas motorik pusat dapat melakukan aktivitas sehari-hari secara mandiri.

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Berdasarkan penelitian López dkk tahun 2018, diketahui bahwa untuk menangkap sinyal dari pergerakan mata digunakan perangkat EOG, yang selanjutnya dimanfaatkan untuk mengendalikan suatu permainan komputer yang serius [5]. Penelitian ini memanfaatkan pergerakan mata (atas, bawah, kanan dan kiri) dan *blink* untuk memindahkan objek pada layar komputer ke posisi lain. Pemrosesan sinyal EOG dilakukan dengan metode *wavelet transform*. Penggunaan *bandpass filter* dengan rentang frekuensi 0,05 - 30Hz akan membantu meredam gangguan dari power suplai dan *electromyography* (EMG). Deteksi tiap gerakan dilakukan dengan memberi *threshold* tegangan pada channel vertikal dan horizontal, sehingga kesalahan deteksi dapat diminimalisir.

Pada tahun 2012, Iáñez dkk mengembangkan teknologi *assistive arm robot* [2]. Pada penelitian ini diterapkan 5 buah *threshold* (3 pada vertikal *channel* dan 2 pada horizontal *channel*) untuk membedakan gerak mata atas, bawah, kanan, kiri, dan *blink*. Deteksi perubahan gerakan mata menggunakan perhitungan *derivative* sedangkan pembersihan *noise* dilakukan dengan menggunakan *moving average*. Pergerakan mata vertikal memiliki sudut pandang ±30º sedangkan pergerakan mata horizontal memiliki sudut pandang ±50º. Dari percobaan terhadap 5 subjek sehat yang menggerakkan *arm robot* untuk memindahkan objek, didapat rata-rata kesuksesan sebesar 95%. Dengan alat ini, subjek dapat meningkatkan kecepatan pemindahan objek dengan memperbanyak percobaan yang dilakukan.

Penelitian yang dilakukan oleh Choudhari dkk pada tahun 2019, mengembangkan *Human Machine Interface* (HMI) menggunakan EOG berupa kursi roda, yang dapat membantu mobilitas penyandang disabilitas dengan efisien [4]. *Input* alat ini memanfaatkan sinyal hasil *voluntary eye blink* (1 kali, 2 kali, 3 kali) sebagai kontrol gerak maju, kanan, kiri dan stop. Pendeteksian *blink* dilakukan menggunakan metode *multi threshold* yang juga dapat digunakan untuk mendeteksi kecepatan dan amplitudo sinyal *blink*. Pada penelitian ini juga dijelaskan bahwa amplitudo antara *voluntary blink* lebih besar dibandingkan dengan *involuntary blink*. Dari penelitian ini, didapatkan nilai akurasi sebesar 93,98% dengan *information transfer rate* (ITR) sebesar 62,64 bit/menit.

2.2 Tinjauan Teori

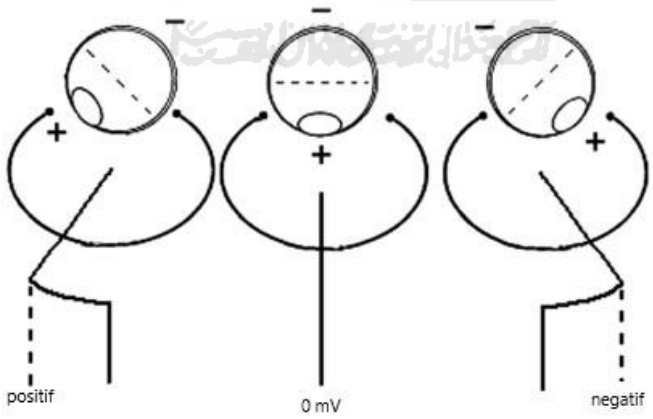
2.2.1 Mata dan Potensial Listrik

Setiap aktivitas yang dilakukan oleh tubuh dapat menghasilkan potensial listrik, tidak terkecuali mata. Mata dapat dimodelkan memiliki kutub positif di kornea dan kutub negatif pada retina. Dengan asumsi beda potensial antara kornea dan retina ini, maka mata merupakan salah satu sumber medan potensial listrik yang stabil [6].

2.2.2 *Electrooculography* (EOG)

Sinyal listrik yang dapat diukur dari hasil aktivitas mata disebut EOG. Jika mata bergerak dari posisi tengah menuju pinggir, retina akan mendekati salah satu elektroda sedangkan kornea akan mendekati elektroda yang berlawanan. Perubahan orientasi ini menyebabkan perubahan potensial listrik amplitudo sinyal EOG [6]. Dengan menganalisis perubahan ini gerak mata dapat dideteksi. Pemasangan dua elektroda kulit yang berlawanan dan satu elektroda referensi pada dahi, maka komponen gerak mata dapat dideteksi. EOG biasanya memiliki *range* frekuensi antara 0 – 30 Hz[6].

Sinyal hasil pembacaan EOG sering tercampur dengan adanya beberapa gangguan. Gangguan utama pada sinyal EOG adalah sumber listrik dan EMG [5]. Disamping itu keberhasilan pendeteksian sinyal EOG juga tergantung pada beberapa faktor antara lain, penempatan elektroda, kontak kulit elektroda, dan gerakan kepala.



Gambar 2.1 Dipol mata [2].

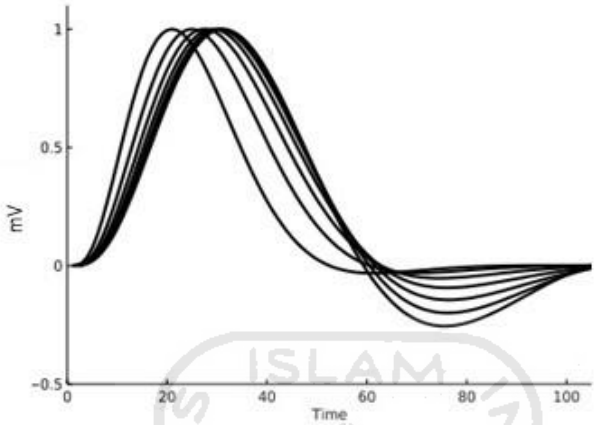
2.2.3 Sinyal *Eye Blink* dan Cara Deteksi

Sinyal *eye blink* memiliki ciri berbentuk *Gaussian* dengan diikuti lembah setelahnya. Sinyal tersebut bisa condong ke potensial positif, bisa juga condong ke potensial negatif, namun ada pula yang memiliki bentuk simetris [7].

Deteksi *eye blink* dapat dilakukan dengan menetapkan koefisien ambang atau *threshold* untuk mendeteksi puncak pada sinyal EOG vertikal [6].



Gambar 2.2 Ilustrasi *eye blink* [8].



Gambar 2.3 *Eye blink signal* [7].

2.2.4 EKG/EMG Shield dan Arduino

Pada penelitian ini, alat yang digunakan adalah EKG/EMG Shield dari Arduino. EKG/EMG Shield berfungsi untuk merekam *bio-signal* pada tubuh. Alat ini dapat ditumpuk hingga 6 *channel* dan dapat disuplai dengan tegangan 3,3V atau 5V [9]. Port A digunakan sebagai input analog, sedangkan port D sebagai input/output digital.

Electrode cable digunakan untuk menempelkan elektroda dan penghantarkan potensial listrik yang diterima elektroda menuju EKG/EMG Shield. *Electrode cable* memiliki 3 *channel* elektroda, yaitu *channel* positif, negatif dan referensi.



Gambar 2.4 EKG/EMG Shield [9].

Arduino uno merupakan mikrokontroler berbasis ATmega328 yang bekerja dengan suplai 5V dengan 2Kb RAM dan 32Kb memori untuk menyimpan program serta kecepatan *clock* hingga 16MHz. Memiliki 14 pin *input/output* digital dan 6 pin *input* analog serta dapat dioperasikan dengan sambungan kabel USB ke PC atau catu daya eksternal 6-20V [10].



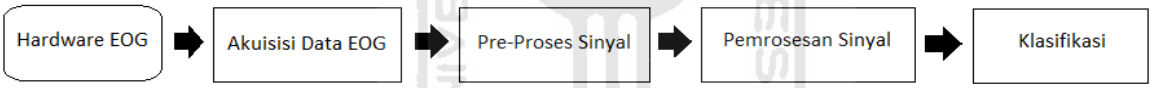
Gambar 2.5 Arduino Uno [10].

BAB 3
METODOLOGI

3.1 Diagram Blok Penelitian

Gambar 3.1 merupakan diagram blok penelitian yang memuat 5 tahapan berikut:

1. Tahap pertama, yaitu menentukan dan menyiapkan *hardware* sebagai alat akuisisi data.
2. Tahap kedua, yaitu akuisisi data EOG khususnya *blink* dari subjek sebagai sumber data.
3. Tahap ketiga, yaitu pre-proses dari data yang telah direkam, seperti mengubah *raw data* dari satuan *sample* ke dalam domain waktu, lalu mengubah nilai *Analog to Digital Converter* (ADC) menjadi tegangan, kemudian dilakukan *filtering* data untuk memisahkan sinyal informasi dengan *noise*.
4. Tahap keempat, yaitu pemrosesan sinyal, meliputi proses segmentasi data, deteksi *peak* dengan bantuan *threshold* dari masing-masing segmen hasil segmentasi dan deteksi jumlah *eye blink* dari setiap segmen.
5. Tahap terakhir, yaitu klasifikasi data sesuai dengan jumlah *blink* yang telah ditetapkan.



Gambar 3.1 Diagram blok sistem.

3.2 Subjek Penelitian

Penulis menetapkan dua kriteria dalam memilih subjek. Kriteria pertama, subjek tidak mengalami gangguan atau kelainan pada bagian mata yang membuat mata subjek tidak dapat atau sulit melakukan *eye blink*. Oleh karena fokus dari penelitian ini terletak pada pengambilan data *eye blink*, apabila calon subjek memiliki gangguan seperti diatas, maka data dari calon subjek tersebut dapat menjadi data yang tidak sah (*invalid*). Kriteria kedua, usia calon subjek ditetapkan pada rentang usia antara 20 – 28 tahun. Pengambilan rentang usia tersebut didasari pada dua hal, yaitu yang pertama, subjek disekitar peneliti memiliki rentang usia tersebut dan yang kedua, didasarkan pada kemampuan fungsi mata, manusia dengan rentang usia tersebut belum terjadi penurunan fungsi mata secara keseluruhan, baik gangguan penglihatan maupun penurunan respon mata terhadap suatu *impuls*. Total subjek pada penelitian ini berjumlah 19 terdiri dari 14 subjek untuk data *voluntary*, dan 5 subjek data *involuntary*. Jumlah subjek yang

tidak terlalu banyak ini seperti yang dilakukan pada penelitian Iáñez dkk [2] dan Choudhari dkk [4] karena jumlah subjek pada penelitian ini hanya untuk mengetahui konsistensi dari data.

3.3 Desain Eksperimen

Rancangan desain eksperimen pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 3.2 Desain eksperimen.

Dalam penelitian ini terdapat 2 jenis data, yaitu data *voluntary* dan data *involuntary*. Desain eksperimen seperti Gambar 3.2 berlaku untuk kedua jenis data tersebut. Eksperimen berlangsung selama kurang lebih 16 menit. Pada 10 menit pertama, penyampaian prosedur eksperimen kepada subjek dan pemasangan alat perekam data EOG. Setelah pemasangan alat telah dinyatakan benar, maka subjek diposisikan untuk duduk tegap. Pada 2 menit pertama adalah proses perekaman data selama 1 menit sebanyak 2 kali. Kemudian 2 menit kedua subjek diberikan waktu istirahat untuk relaksasi mata, dan 2 menit terakhir adalah proses perekaman data selama 1 menit sebanyak 2 kali. Sehingga total didapatkan 4 data dari setiap subjek. Setiap gerakan memiliki durasi selama 3 detik sehingga dalam 1 menit terdapat 20 gerakan dari pengulangan 4 macam gerakan, yaitu 1 *blink*, 2 *blink*, 3 *blink* dan 4 *blink*. Dilakukan pengulangan selama 1 menit bertujuan untuk mengetahui konsistensi data tanpa membuat lelah mata subjek.

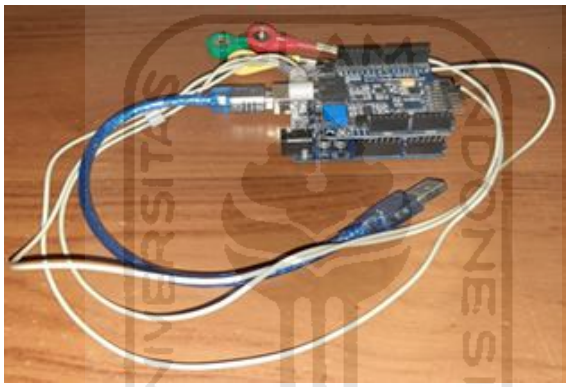
Berikut penjelasan yang dilakukan subjek pada saat perekaman data berlangsung :

1. Subjek diberikan arahan untuk melihat satu titik fokus.
2. Pada perekaman data *voluntary*, gerakan yang dilakukan subjek telah ditentukan oleh peneliti, sehingga ketika subjek mendengar suara “blink” maka subjek diminta untuk melakukan gerakan *blink*. Satu kata “blink” mewakili 1 gerakan.
3. Pada perekaman data *involuntary*, gerakan yang dilakukan subjek tidak ditentukan oleh peneliti, melainkan merupakan gerak *random* sesuai keinginan subjek, sehingga ketika subjek mendengar kata “blink”, kata tersebut hanya merupakan tanda pergantian gerakan sebelumnya ke gerakan selanjutnya.

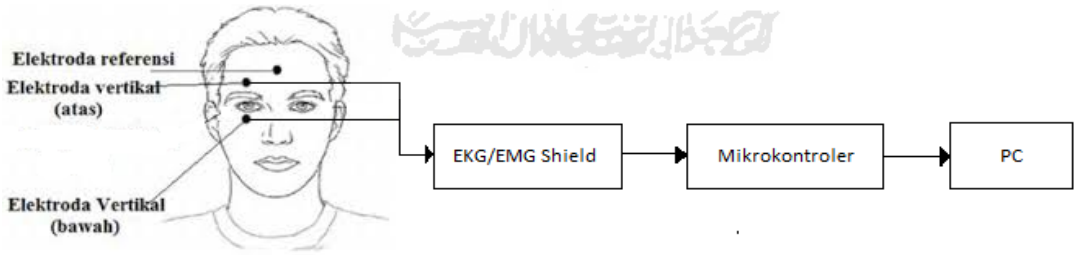
4. Pada saat perekaman data, subjek diinstruksikan untuk tidak berbicara atau melakukan gerakan tambahan pada bagian kepala.

3.4 Alat Rekam Data

Perekaman data menggunakan perangkat akuisisi data EKG/EMG Shield dan mikrokontroler Arduino Uno sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.3, serta pemasangan elektroda sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.4 sebagai media menempelkan sensor pada permukaan kulit subjek. Alat ini dipilih dengan tujuan untuk mengetahui akurasi perekaman data EOG ketika seseorang ingin melakuakan perekaman sinyal EOG menggunakan alat yang terjangkau. *Software* yang digunakan adalah Arduino IDE yang digunakan dalam mengunggah (*upload*) algoritma ke dalam mikrokontroler Arduino Uno, serta *software CoolTerm* untuk membantu menyimpan data hasil perekaman ke dalam bentuk fomat *file* ".txt".



Gambar 3.3 *Hardware* EOG.



Gambar 3.4 Diagram blok alat EOG.



Gambar 3.5 Letak pemasangan elektroda.

Sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 3.5, tiga elektroda dipasang pada bagian atas dan bawah mata, serta dahi (hanya *vertikal channel* yang digunakan). Elektroda pada bagian atas mata untuk menangkap potensial positif, kemudian elektroda pada bagian bawah mata untuk menangkap potensial negatif, dan elektroda pada dahi merupakan referensi.

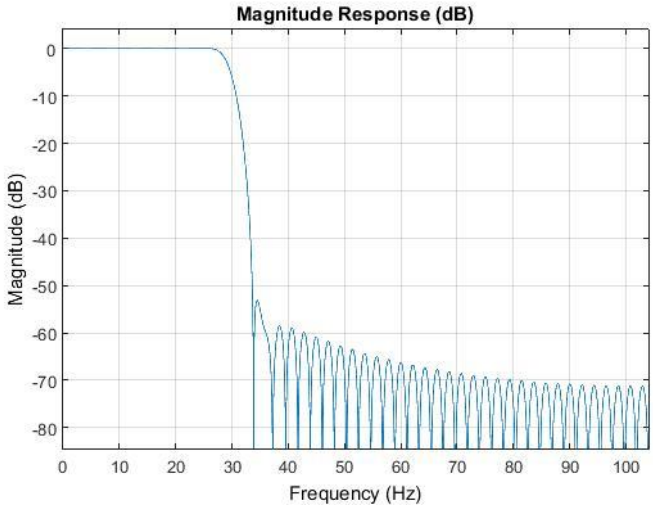
Proses perekaman data dilakukan setelah pemasangan elektroda selesai dan program telah diunggah (*upload*) pada mikrokontroler. Setelah proses tersebut, kemudian dilakukan pengecekan sinyal EOG dengan membuka *Serial Plotter* di *software* Arduino IDE sembari subjek diarahkan untuk melakukan *blink*. Jika sinyal *blink* yang ditampilkan telah menujukkan hasil yang sesuai, maka proses selanjutnya adalah perekaman data menggunakan *software CoolTerm* dengan durasi yang telah ditentukan.

3.5 Pre-Processing Signal

Pre-processing signal dilakukan dengan melalui dua tahapan pada *raw data*. Tahap pertama mengubah pembacaan nilai ADC menjadi tegangan dengan satuan volt (V) menggunakan rumus ADC dengan rumus sebagai berikut :

$$tegangan = \frac{Nilai\ ADC\ Terbaca \times 5V}{Max\ nilai\ ADC} \quad (1)$$

Tahap kedua adalah *filtering*. Pada tahap ini dilakukan pemisahan antara sinyal informasi dengan *noise* dengan menggunakan bantuan *tools* pada matlab yaitu "*fdatool*". Pemisahan tersebut dilakukan dengan memasukkan nilai-nilai parameter yang telah ditentukan, sehingga didapatkan sebuah *filter* yang cukup efektif dalam meredam *noise* pada sinyal *blink* hasil perekaman data.

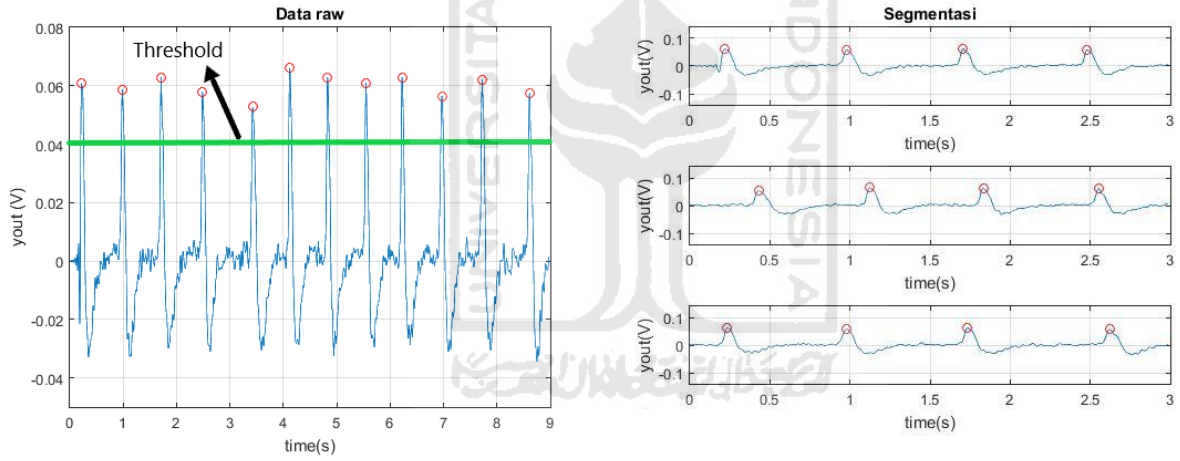


Gambar 3.6 Respon *lowpass filter* 30 Hz.

3.6 Ekstraksi Fitur

Pemrosesan sinyal EOG *blink* dilakukan untuk mendapatkan suatu parameter yang dapat dijadikan sebagai sebuah sinyal informasi untuk masukan (*input*) berbagai hal. Pada tahapan ini dilakukan deteksi *peak* dan segmentasi. Deteksi *peak* berfungsi untuk mengetahui jumlah *peak* yang terdapat pada data menggunakan fungsi *findpeak* pada matlab, kemudian menambahkan dua buah nilai *threshold* untuk membedakan antara *peak* yang mengandung informasi dengan *peak* yang tidak mengandung informasi.

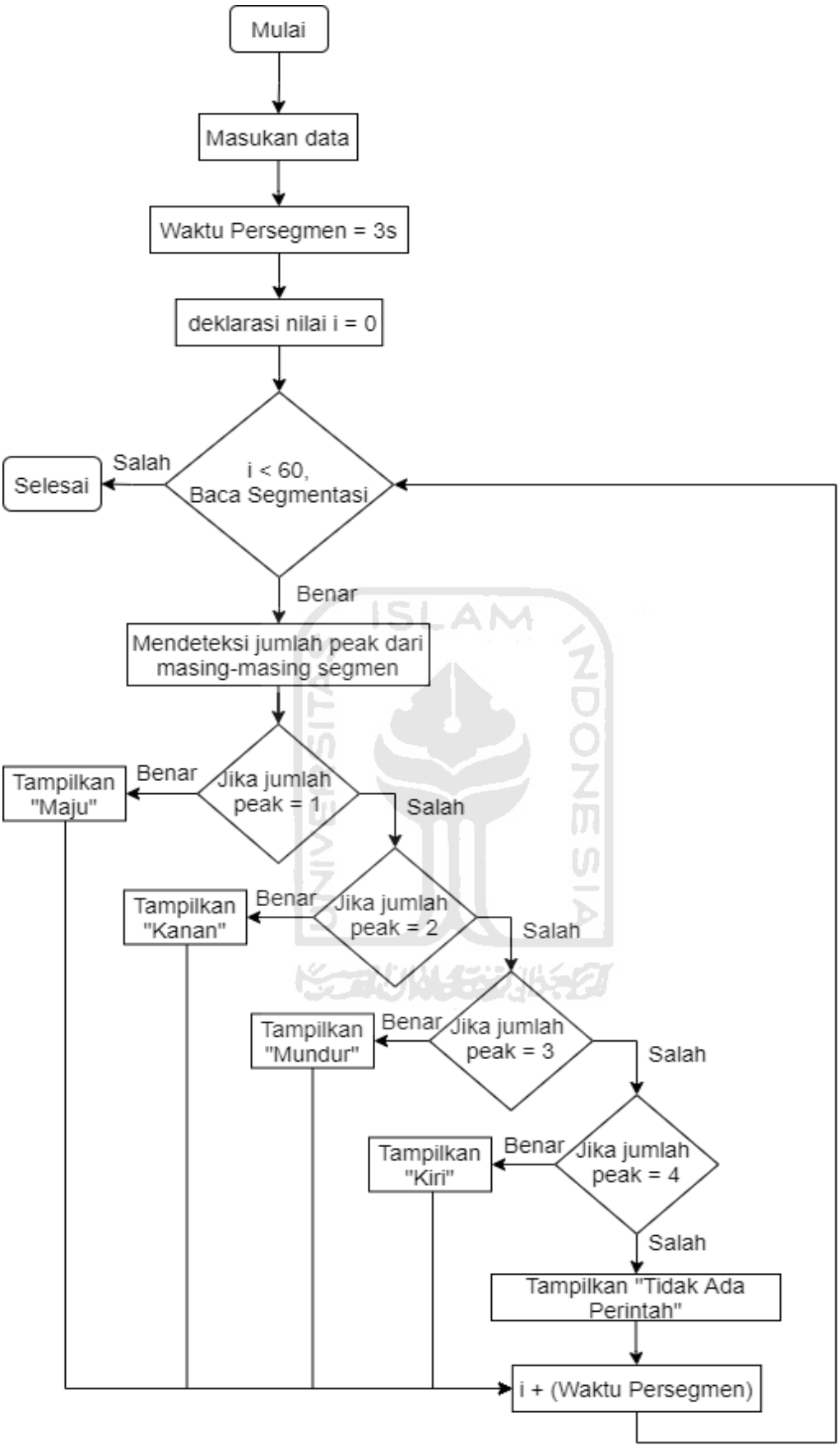
Segmentasi berfungsi untuk membagi data menjadi beberapa segmen dengan jumlah data yang sama pada setiap segmennya. Segmentasi dilakukan sebagai simulasi saat sinyal EOG diaplikasikan untuk kontrol pada kondisi *real-time*. Pada penelitian ini, peneliti menetapkan setiap segmen memiliki durasi selama 3 detik. Pemilihan durasi tersebut tidak terlepas dari pertimbangan kemampuan seseorang dalam melakukan gerak *voluntay blink* dengan teratur. Contoh data yang telah melalui proses deteksi *peak* dan segmentasi ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 3.7 Contoh deteksi *peak* dan hasil segmentasi data.

Setelah proses segmentasi berhasil dan *peak* dari masing-masing segmen telah didapatkan, langkah selanjutnya adalah proses klasifikasi data. Satu *peak* yang terdeteksi mewakili satu gerakan *blink*. Pada proses tersebut akan dibedakan antara segmen yang dapat menjadi indikator gerak maju, kanan, mundur, dan kiri sesuai algoritma yang telah dibuat.

Berikut merupakan *flowchart* dari pemrosesan sinyal pada penelitian ini :



Gambar 3.8 *Flowchart* pemrosesan sinyal.

3.7 Metode Analisis

Analisis dilakukan dengan cara menguji tingkat akurasi antara pembacaan sinyal *blink* mata pada algoritma dengan perintah yang diberikan. Dengan adanya nilai akurasi tersebut, maka dapat dilihat seberapa besar keberhasilan dari algoritma yang telah dibuat. Indikator setiap gerak maju, kanan, mundur dan kiri, diwakilkan dengan jumlah *blink* yang dideteksi. Apabila dalam satu segmen terdeteksi 1 *peak*, maka indikator gerak maju telah tercapai. Setelah itu, apabila dalam satu segmen terdeteksi 2 *peak*, maka indikator gerak kanan telah tercapai. Kemudian apabila dalam satu segmen terdeteksi 3 *peak* maka indikator gerak mundur telah tercapai. Sedangkan apabila dalam satu segmen terdeteksi 4 *peak* maka indikator gerak kiri telah tercapai. Terakhir, apabila dalam satu segmen terdeteksi jumlah *peak* lebih dari 4, maka program akan mengeluarkan kalimat "tidak ada perintah". Berikut merupakan rumus perhitungan akurasi :

$$akurasi = \frac{data\ benar}{total\ data} \times 100\% \quad (2)$$

Akurasi dapat dikatakan baik jika nilai akurasi tiap gerakan bernilai lebih dari atau sama dengan rata-rata akurasi yang didapatkan. Pengujian akurasi yang dilakukan tersebut juga akan digunakan untuk membandingkan nilai akurasi antara *voluntary* dan *involuntary eye blink*.

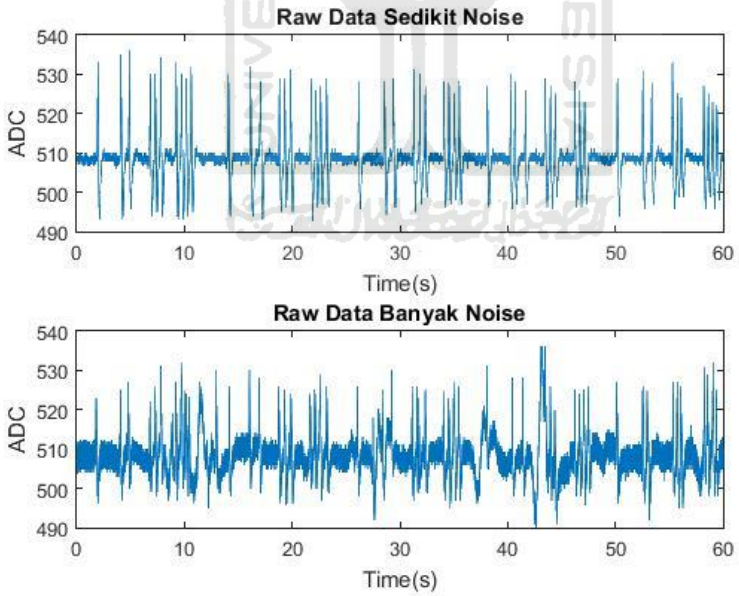
BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Hasil dari penelitian ini akan disajikan menjadi empat tahap. Tahap pertama, menunjukkan karakteristik gerak *blink* sebelum dan sesudah *pre-processing*. Tahap kedua, menampilkan hasil deteksi *blink* dan karakteristik fitur untuk membedakan empat gerakan. Tahap ketiga, menampilkan hasil pengujian data *voluntary* dan *involuntary* dan perbedaan pada tiap segmennya. Tahap keempat, menampilkan hasil akurasi masing-masing data hasil gerak *blink voluntary* dan *involuntary*.

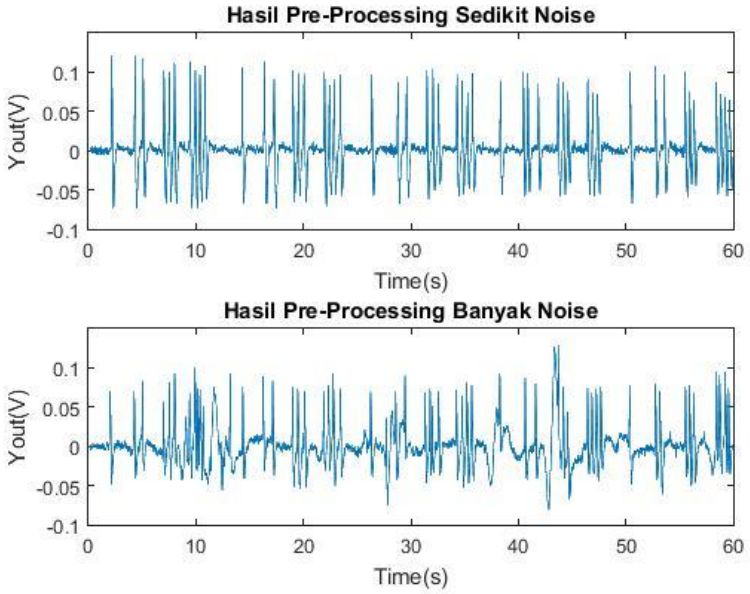
4.1.1 Karakteristik Sinyal *Blink* Sebelum dan Setelah *Pre-Processing*

Pre-processing dilakukan untuk mengubah amplitudo pada sumbu Y dari pembacaan ADC menjadi tegangan serta melakukan *filtering* untuk menghilangkan *noise signal*. Berikut akan ditampilkan contoh hasil *raw data* (contoh data dengan sedikit *noise* dan data dengan banyak *noise*) dan hasil data setelah *pre-processing*.



Gambar 4.1 *Raw data*.

Dapat dilihat pada Gambar 4.1, tampak jelas perbedaan dari kedua data tersebut. Data pertama tiap-tiap *peak* dapat dibedakan dengan jelas, sedangkan pada data kedua ada beberapa kali hasil *peak* terganggu oleh *noise*, sehingga menyebabkan *peak* tersebut tidak bisa dibedakan dengan jelas antara satu *peak* dengan *peak* lainnya. Setelah masing-masing *raw data* di *plotting*, kemudian akan ditampilkan hasil *pre-processing* dari *raw data* diatas.

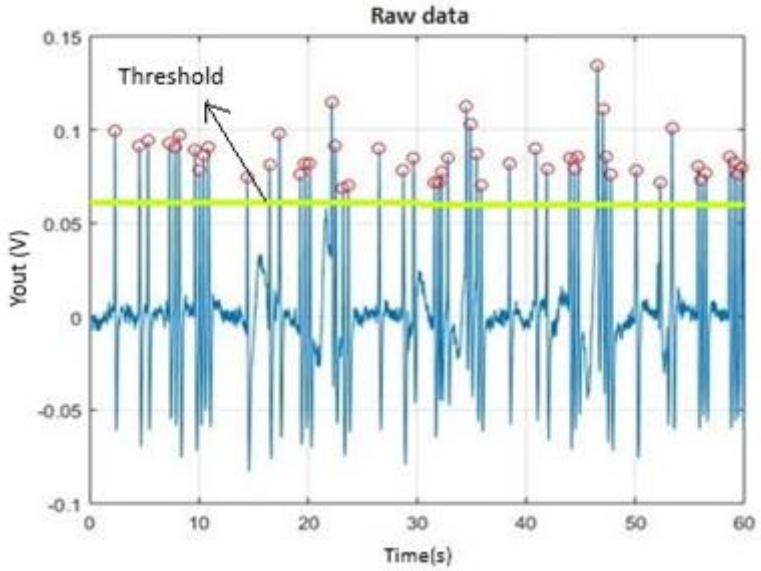


Gambar 4.2 Hasil *pre-processing*.

Pada Gambar 4.2 terlihat jelas bahwa setelah melewati tahap *pre-processing* sinyal yang dihasilkan lebih terlihat jelas tiap *peak* pada masing-masing gerakan, baik pada data dengan sedikit *noise* maupun data dengan banyak *noise* keduanya menujukkan hasil yang lebih bersih.

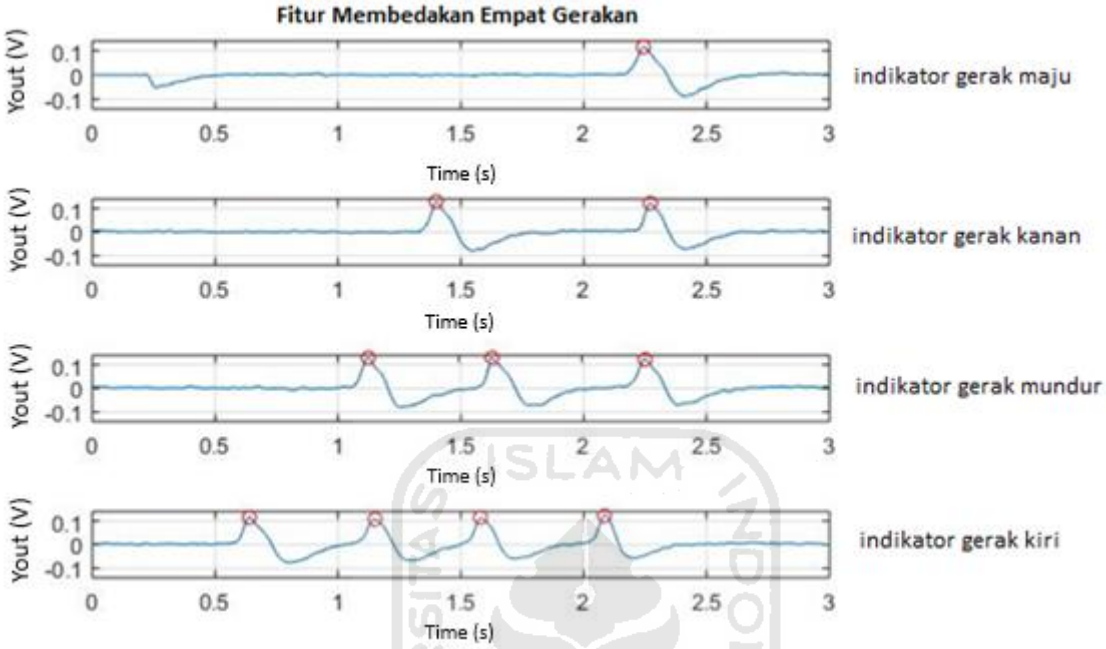
4.1.2 Deteksi *Eye Blink* dan Karakteristik Fitur Membedakan Empat Gerakan

Deteksi *blink* dilakukan dengan cara mendeteksi *peak* pada data menggunakan bantuan dua buah *threshold* dengan nilai 0.06 untuk *threshold* pada sumbu y dan 50 pada sumbu x sehingga dapat mengurangi kesalahan dalam pendeteksian. Berikut akan ditunjukkan hasil deteksi *blink* pada data yang telah direkam.



Gambar 4.3 Hasil deteksi *eye blink*.

Karekteristik fitur untuk membedakan empat gerakan maju, kanan, mundur dan kiri menggunakan perbedaan jumlah *blink* yang dilakukan, tiap *peak* yang terdeteksi merupakan representasi dari *blink*. Dengan melakukan deteksi *peak* pada data hasil *pre-processing* peneliti dapat mengetahui jumlah *blink* dari tiap segmen. Gambar berikut merupakan contoh hasil segmentasi untuk membedakan empat gerakan tersebut.



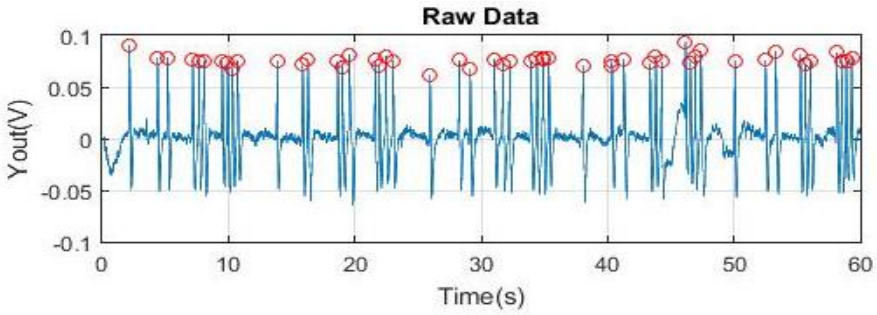
Gambar 4.4 Fitur membedakan tiap gerakan.

Gambar 4.4 menunjukkan fitur untuk membedakan tiap gerakan, yaitu jika pada suatu segmen terdapat satu *peak*, maka dari segmen tersebut mengandung indikator gerak maju. Jika pada suatu segmen terdapat dua *peak*, maka dari segmen tersebut mengandung indikator gerak kanan. Jika pada suatu segmen terdapat tiga *peak*, maka dari segmen tersebut mengandung indikator gerak mundur. Sedangkan jika pada suatu segmen terdapat empat *peak*, maka dari segmen tersebut mengandung indikator gerak kiri.

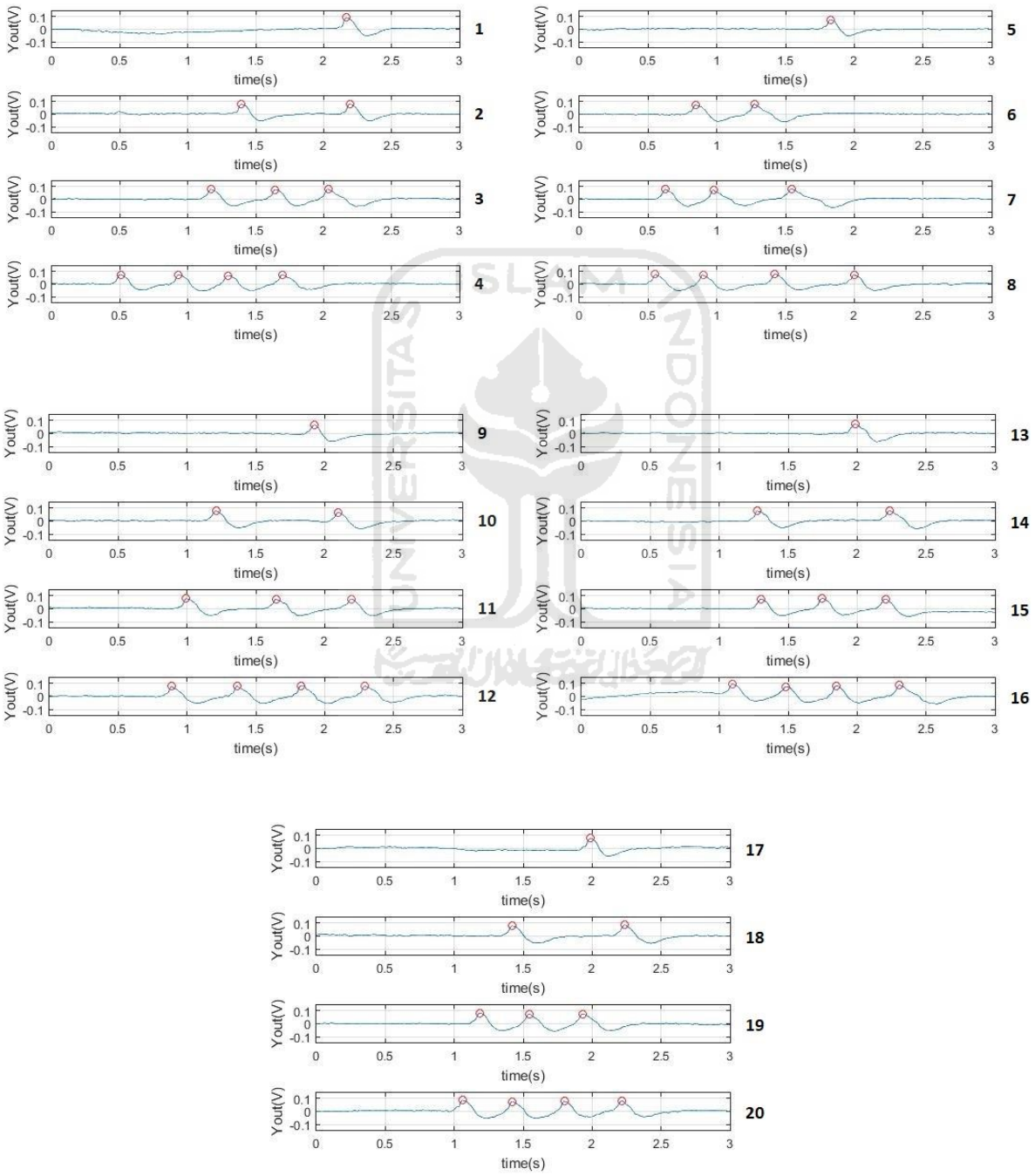
4.1.3 Data *Voluntary* dan *Involuntary*

Pada penelitian ini terdapat dua jenis data yaitu *voluntary* dan *involuntary*, dari dua data ini yang merupakan data hasil perancangan sistem adalah data *voluntary*, sedangkan untuk data *involuntary* merupakan data tambahan untuk melakukan pengecekan apakah algoritma yang dibuat tetap dapat digunakan ketika difungsikan untuk mendeteksi data acak dan akan ditampilkan pula hasil pengujian masing-masing data.

Berikut merupakan *raw data* dan hasil segmentasi pada data *voluntary*, dengan tampilan masing-masing gambar memuat 4 segmen, hal ini agar tiap segmen tetap terlihat dengan jelas :

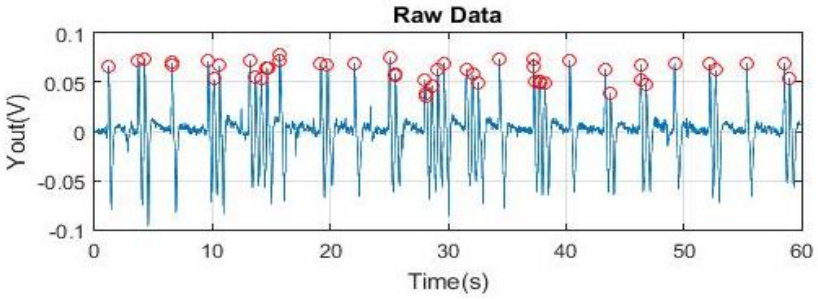


Gambar 4.5 *Raw data* sebelum tersegmentasi.

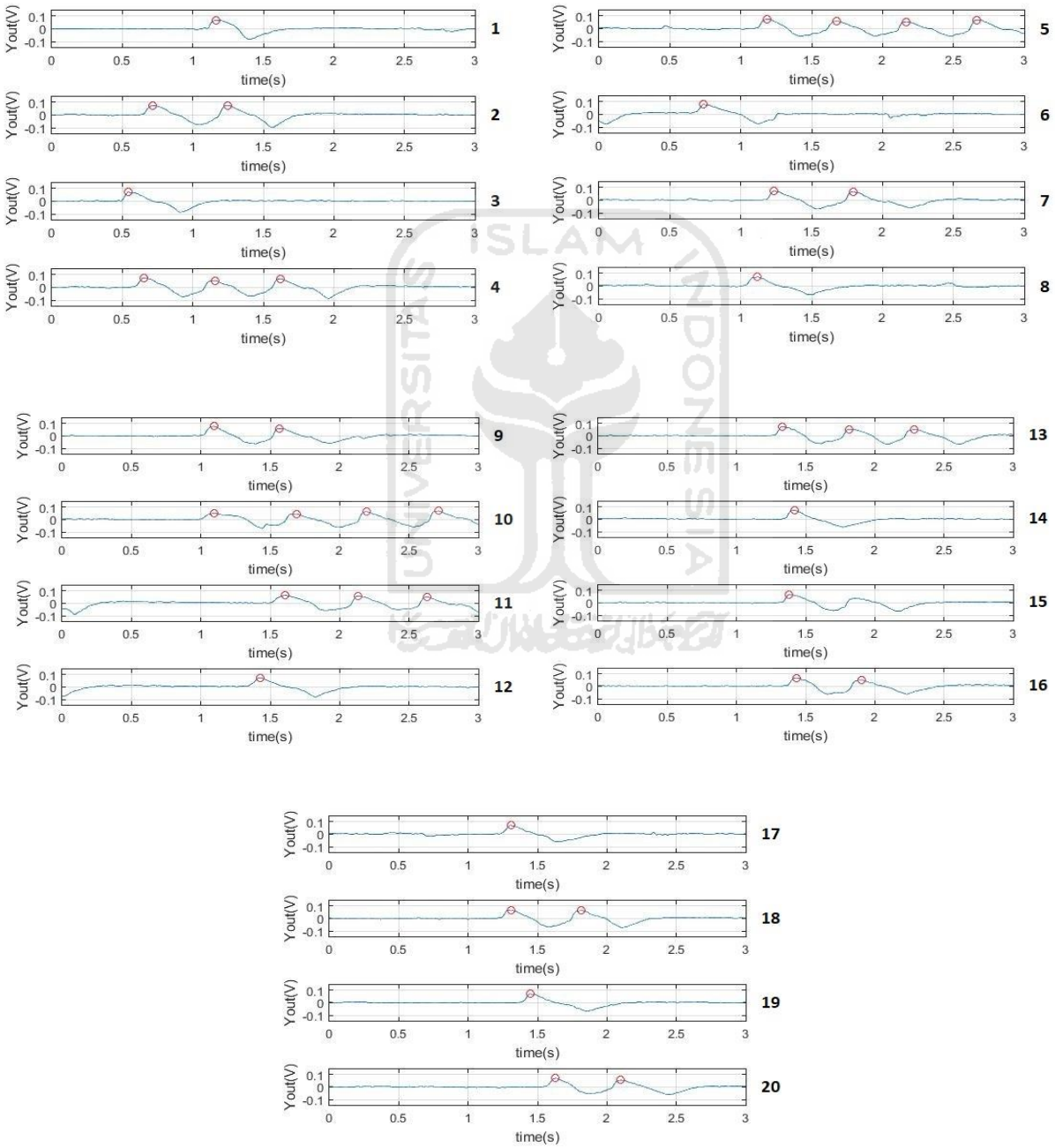


Gambar 4.6 Contoh hasil segmentasi sinyal EOG data *voluntary*; angka 1 – 20 menunjukkan hasil segmen.

Berikut adalah hasil segmentasi pada data *involuntary* :



Gambar 4.7 *Raw data* sebelum tersegmentasi.



Gambar 4.8 Contoh hasil segmentasi sinyal EOG data *involuntary*; angka 1 – 20 menunjukkan hasil segmen.

Dari gambar 4.5, 4.6, 4.7, 4.8 dapat dilihat bahwa antara data *voluntary* dan *involuntary* terdapat perbedaan di nilai amplitudonya. Nilai amplitudo pada data *voluntary* cenderung lebih tinggi dibanding dengan data *involuntary*. Uji data *involuntary* ditambahkan untuk mengetahui kinerja sistem saat digunakan langsung oleh *user*.

Berikut akan ditunjukkan hasil pengujian dari algoritma pada proses segmentasi dan deteksi *peak* untuk data *voluntary* dan *involuntary*.

Tabel 4.1 Hasil pengujian algoritma pada data *voluntary*.

Subjek No	Hasil pembacaan algoritma							
	1 *Blink* (Maju)		2 *Blink* (Kanan)		3 *Blink* (Mundur)		4 *Blink* (Kiri)	
	Terdeteksi	Gerak	Terdeteksi	Gerak	Terdeteksi	Gerak	Terdeteksi	Gerak
1	20	20	20	20	19	20	18	20
2	17	20	19	20	16	20	16	20
3	15	20	17	20	20	20	14	20
4	20	20	19	20	20	20	18	20
5	16	20	18	20	18	20	18	20
6	19	20	18	20	20	20	19	20
7	13	20	16	20	19	20	15	20
8	17	20	18	20	19	20	16	20
9	20	20	19	20	14	20	15	20
10	20	20	20	20	20	20	20	20
11	15	20	13	20	14	20	10	20
12	11	20	20	20	18	20	15	20
13	15	20	17	20	15	20	14	20
14	10	20	19	20	18	20	14	20

Tabel 4.2 Hasil pengujian algoritma pada data *involuntary*.

Subjek No	Hasil pembacaan algoritma							
	1 *Blink* (Maju)		2 *Blink* (Kanan)		3 *Blink* (Mundur)		4 *Blink* (Kiri)	
	Terdeteksi	Gerak	Terdeteksi	Gerak	Terdeteksi	Gerak	Terdeteksi	Gerak
1	18	19	22	24	17	19	15	18
2	15	15	18	23	14	23	10	17
3	20	21	20	23	20	24	10	12
4	19	22	22	23	17	18	12	17
5	22	22	21	23	20	24	6	11

4.1.4 Akurasi

Dari proses deteksi *peak* dan segmentasi, didapatkan akurasi pembacaan jumlah *blink* pada algoritma. Pada tabel dibawah akan ditunjukkan nilai akurasi dari masing-masing gerakan untuk data *voluntary* dan *involuntary*.

Tabel 4.3 Akurasi data *voluntary*.

Parameter	Hasil pembacaan algoritma			
	1 *Blink* (Maju)	2 *Blink* (Kanan)	3 *Blink* (Mundur)	4 *Blink* (Kiri)
Jumlah Terdeteksi	228	253	250	222
Total Gerakan	280	280	280	280
Akurasi	81,43%	90,36%	89,29%	79,29%

Tabel 4.4 Akurasi data *involuntary*.

Parameter	Hasil pembacaan algoritma			
	1 *Blink* (Maju)	2 *Blink* (Kanan)	3 *Blink* (Mundur)	4 *Blink* (Kiri)
Jumlah Terdeteksi	94	103	88	53
Total Gerakan	99	116	108	75
Akurasi	94,94%	88,79%	81,48%	70,67%

Terlihat dari tabel 4.3 dan 4.4, untuk data *voluntary* akurasi paling tinggi terdapat pada gerak 2 *blink* atau indikator gerak maju, kemudian gerak 3 *blink* atau indikator gerak kanan, lalu gerak 1 *blink* atau indikator gerak mundur, dan yang terakhir adalah gerak 4 *blink* atau indikator gerak kiri. Lalu pada hasil akurasi data *involuntary*, akurasi tertinggi terdapat pada gerak 1 *blink*, lalu gerak 2 *blink*, kemudian gerak 3 *blink* dan terakhir adalah gerak 4 *blink*.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Sinyal *Eye Blink* dan Filter

Karakteristik sinyal *eye blink* sebelum melalui tahap pemrosesan umumnya selalu bercampur dengan *noise*, hal ini lah yang menyebabkan pada beberapa kondisi *peak* yang dihasilkan tidak dapat terlihat dengan jelas. Namun setelah melalui tahap *filtering*, sinyal menjadi lebih jelas karena frekuensi-frekuensi *noise* yang terdapat pada sinyal *eye blink* telah teredam. Hal ini dikarenakan desain *filter lowpass* yang berfungsi untuk meredam semua frekuensi diatas nilai *cut-off filter*. Pemilihan nilai frekuensi *cut-off* dinilai 30Hz, untuk meredam

noise dengan nilai diatas frekuensi tersebut, dan untuk meminimalisir gangguan *Electromyography* (EMG) [5]. Karena rentang sinyal EOG berada antara 0-30Hz.

4.2.2 Deteksi *Blink* dan Fitur Membedakan Empat Gerakan

Pada sub bab 4.1.2 dapat diketahui bahwa dengan menggunakan *threshold* dari amplitudo sinyal dapat digunakan untuk mendeteksi sinyal *eye blink* [6]. Jika suatu *peak* memiliki amplitudo yang lebih tinggi dari nilai *threshold* yang ditetapkan, maka *peak* tersebut akan otomatis dideteksi sebagai *peak* hasil *blink*. Proses ini dapat digunakan untuk mengetahui *peak* mana saja yang memiliki informasi dan *peak* mana yang merupakan *noise*.

Karakteristik fitur pada sinyal *blink* yang digunakan untuk membedakan empat gerakan yaitu jumlah *eye blink*, dengan memanfaat *blink* 1 kali, 2 kali, 3 kali dan 4 kali. Masing-masing gerak akan menghasilkan *peak* dengan jumlah yang sama dengan gerak *blink* yang dilakukan.

4.2.3 *Voluntary, Involuntary* dan Akurasi

Dari data yang telah ditampilkan pada sub bab 4.1.3 diatas, dapat dilihat bahwa amplitudo dari data *voluntary* cenderung lebih tinggi dari data *involuntary*, hal ini seperti yang dijelaskan pada penelitian Choudhari dkk [4]. Sehingga pada data *involuntary* dilakukan penurunan nilai *threshold* yang semula 0,06 menjadi 0.035 agar beberapa *peak* yang terlalu rendah masih dapat terdeteksi.

Kemudian dari hasil pembacaan tiap subjek, terlihat bahwa pada data *involuntary* untuk gerak 4 kali *blink* memiliki persentase jumlah gerak yang paling sedikit dibandingkan dengan gerak lainnya. Hal ini dapat dikarenakan banyaknya jumlah *blink* yang dilakukan, sehingga membuat subjek cenderung memilih untuk melakukan gerakan yang lebih mudah seperti *blink* 1 kali, 2 kali atau 3 kali.

Nilai akurasi tertinggi pada data *voluntary* didapat pada 2 kali *blink* atau indikator gerak kanan dengan 90,36%, kemudian 3 kali *blink* atau indikator gerak mundur dengan nilai akurasi 89,29%, lalu 1 kali *blink* atau indikator gerak maju dengan nilai akurasi 81,43% dan akurasi terkecil didapat pada 4 kali *blink* atau indikator gerak kiri dengan nilai 79,29%. Hasil tersebut terjadi kemungkinan karena semakin banyak *blink* yang dilakukan maka kecepatan *blink* akan semakin meningkat. Mengingat tiap segmen hanya memiliki waktu 3 detik, maka bisa dikatakan bahwa semakin banyak jumlah *blink* akan mempengaruhi ketepatan gerak yang dilakukan. Dengan nilai rata-rata akurasi sebesar 85,09% maka nilai yang dikatakan baik adalah gerak 2 kali *blink* dan gerak 3 kali *blink*.

Hal tersebut juga terjadi pada data *involuntary* yang mana nilai akurasi juga menunjukkan tren yang sama dengan data *voluntary* yaitu penurunan nilai akurasi untuk jumlah *blink* yang semakin bertambah. Dengan rata-rata akurasi 83,97% maka hanya gerak 1 kali *blink* dan 2 kali *blink* saja yang memiliki akurasi yang baik. Terdapat fenomena menarik dari gerak 1 kali *blink*, dimana pada data *involuntary* memiliki akurasi yang lebih tinggi dibanding data *voluntary*. Faktor yang mempengaruhi hal tersebut bisa jadi karena *misdetection* pada gerak 1 kali *blink* data *voluntary* akibat dari kelelahan setelah melakukan gerak sebelumnya yaitu gerak 4 kali *blink*. Hal ini menjadi faktor mengapa akurasi gerak 1 kali *blink* pada data *voluntary* lebih rendah dibanding gerak 1 kali *blink* pada data *involuntary*. Variasi nilai akurasi pada setiap gerakan juga bisa dikarenakan perbedaan fisiologi mata tiap subjek, gangguan biopotensial lain, dan *human error*.

Melihat bahwa, dengan menggunakan 3 macam *eye blink* (1 kali, 2 kali dan 3 kali) sukses dijadikan sebagai kontrol gerak kursi roda dengan rata-rata akurasi 93.89% pada literatur terdahulu [4]. Sehingga dari hasil rata-rata akurasi mencapai 85,09% (data *voluntary*) dan 83,97% (data *involuntary*), dapat menjadi alasan bahwa dengan menggunakan 4 macam *eye blink* (1 kali, 2 kali, 3 kali dan 4 kali) dapat dijadikan sebagai kontrol untuk alat bantu gerak, namun masih perlu dilakukan peningkatan pada penelitian berikutnya.

BAB 5
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Dari semua proses dan hasil analisis, dapat ditarik kesimpulan bahwa pengklasifikasian parameter *eye blink* untuk indikator gerak maju, kanan, mundur dan kiri dapat dilakukan dengan menggunakan fitur jumlah *eye blink* dengan indikator tiap-tiap gerakan secara berurutan adalah satu kali *blink*, dua kali *blink*, tiga kali *blink* dan empat kali *blink*. Sistem klasifikasi yang dibuat memerlukan perubahan nilai *threshold* ketika pengunaannya beralih dari data *voluntary* ke data *involuntary*, namun nilai *threshold* tidak berubah saat digunakan untuk mendeteksi gerakan *blink* yang berbeda.
2. Dilihat dari rata-rata akurasi yang mencapai 85,09% (data *voluntary*) dan 83,97% (data *involuntary*) dapat dikatakan bahwa belum semua gerakan menunjukkan hasil akurasi yang baik karena dari tiap data, baik *voluntary* ataupun *involuntary* hanya terdapat 2 gerakan saja yang memiliki nilai akurasi lebih tinggi dari nilai rata-rata akurasi semua gerakan.
3. Perbedaan nilai akurasi bisa disebabkan karean beberapa faktor seperti kemampuan setiap orang dalam melakukan gerak *blink* berbeda-beda, fisiologi mata tiap orang berbeda-beda, gangguan dari biopotensial lain dan *human error*.

5.2 Saran

1. Perlu tidaknya mempersempit durasi persegmen yang dirasa masih memakan waktu ketika tiap-tiap segmen diberi durasi selama 3 detik agar dapat mempersingkat proses perubahan arah dari tiap-tiap gerak.
2. Perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut mengenai karakteristik *eye blink* pada mata lelah dan mata segar.
3. Pengaplikasian masing-masing indikator gerak pada suatu alat gerak real time untuk mengertahui tingkat keberhasilannya.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Kemenkes RI, "Situasi Disabilitas," *Pus. Data dan Inf. Kementrian Kesehat. RI*, pp. 1–10, 2019.

[2] E. Iáñez, A. Úbeda, J. M. Azorín, and C. Perez-Vidal, "Assistive Robot Application Based on an RFID Control Architecture and a Wireless EOG Interface," *Rob. Auton. Syst.*, vol. 60, no. 8, pp. 1069–1077, 2012.

[3] L. C. I. and Yathunanthan, S and U. 2008, "Controlling a wheelchair by use of EOG signal," *ieeexplore.ieee.org*, pp. 283–288, 2009.

[4] A. M. Choudhari, P. Porwal, V. Jonnalagedda, and F. Mériaudeau, "An Electrooculography based Human Machine Interface for wheelchair control," *Biocybern. Biomed. Eng.*, vol. 39, no. 3, pp. 673–685, 2019.

[5] A. López, M. Fernández, H. Rodríguez, F. Ferrero, and O. Postolache, "Development of an EOG-based system to control a serious game," *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 127, no. June, pp. 481–488, 2018.

[6] A. Bulling, J. A. Ward, H. Gellersen, and G. Tröster, "Eye movement analysis for activity recognition using electrooculography," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 33, no. 4, pp. 741–753, 2011.

[7] R. Krupiński and P. Mazurek, "Median filters optimization for electrooculography and blinking signal separation using synthetic model," *IFAC Proc. Vol.*, vol. 14, no. PART 1, pp. 326–331, 2009.

[8] I. Rejer and Ł. Cieszyński, "RVEB—An algorithm for recognizing voluntary eye blinks based on the signal recorded from prefrontal EEG channels," *Biomed. Signal Process. Control*, vol. 59, 2020.

[9] E. K. Trading, "412 Arduino Shield Ekg Emg Ecg Eeg."

[10] W. Durfee, "Arduino Microcontroller Guide," *Univ. Minnesota*, pp. 1–27, 2011.

LAMPIRAN

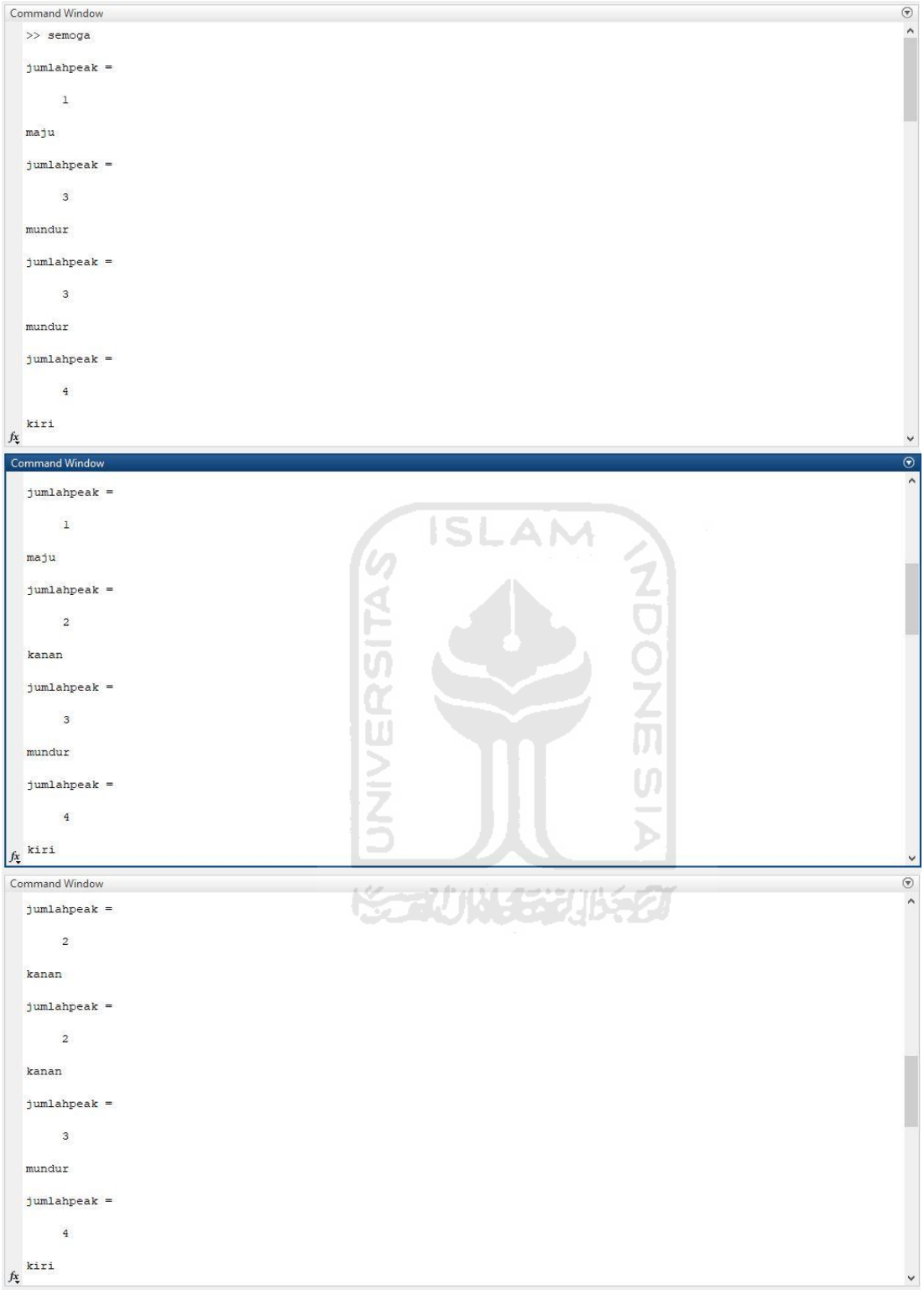
1. Algoritma Proses Segmentasi, Deteksi *Peak*, dan Klasifikasi

```
s = dlmread('4.txt');
a =(5*s/1024);
b = mean(a);
c = a-b;
Fs = 208;
Ts = 1/Fs;
t1=0:Ts:Ts*length(c);
ts1=t1(2:end);
x = filter(F1,c);
ttl_data = length(x);

figure(1);
[pks,blink11] = findpeaks(x,'MinPeakHeight',0.04,'MinPeakDistance',50);
plot(ts1,x,ts1(blink11),pks,'or');
xlim([0,60]);
xlabel('detik');
ylabel('amplitude');
grid on
title('Data raw');

segmen = 627;
seg = 0;
nst = 1;
hasilsegmentasi = [];
n = 0;
z = 0;
while n<length(x)
n = n+1;
while nst <(ttl_data-segmen)
start = nst;
stop = nst + (segmen -1);
data_diambil = x(start:stop);
nst = stop;
seg = seg + 1;
hasilsegmentasi(:,seg) = data_diambil;
[p,q] = size(hasilsegmentasi);
while z < q
z = z+1;
g = hasilsegmentasi(:,z);
[pks,loc    =    findpeaks(g,'MinPeakHeight',0.03,'MinPeakDistance',50);
jumlahpeak = length(pks);
jumlahpeak
if length(pks)==1
disp('maju');
elseif length(pks)==2
disp('kanan');
elseif length(pks)==3
disp('mundur');
elseif length(pks)==4;
disp('kiri');
else
disp('tidak ada perintah');
end
end
end
end
```

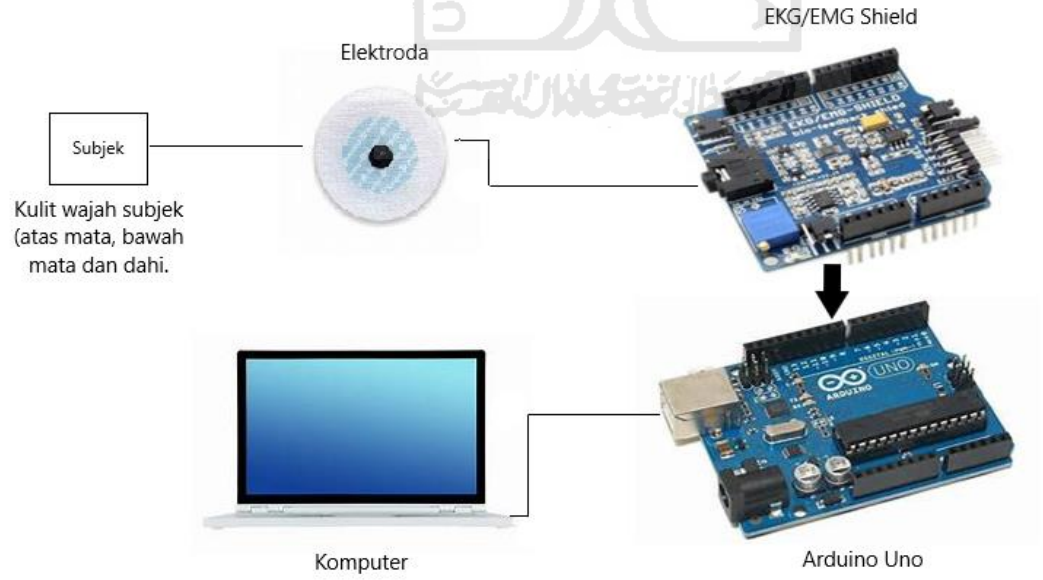
2. Hasil Pengujian



```
Command Window
jumlahpeak =
     1
maju
jumlahpeak =
     2
kanan
jumlahpeak =
     4
kiri
jumlahpeak =
     4
kiri
```

```
Command Window
jumlahpeak =
     1
maju
jumlahpeak =
     2
kanan
jumlahpeak =
     3
mundur
jumlahpeak =
     4
kiri
>>
```

3. Desain Sistem Alat EOG



Pasangkan EKG/EMG Shield pada Arduino Uno (sesuaikan *male jumper* pada EKG/EMG Shield dengan *female jumper* pada Arduino Uno). Setelah terpasang, sambungkan Arduino ke PC dengan kabel USB (sekaligus sebagai suplai daya untuk mikrokontroler). Sambungkan *electrode cable* ke EKG/EMG Shield. Pasang elektroda pada masing-masing *channel* dari *electrode cable*. Lalu tempelkan elektroda pada bagian kulit wajah subjek (atas mata, bawah mata dan dahi)